

Atty Dkt. No.
32405W056

PATENT

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicants: Itaru SETA et al.

Serial No.: 09/667,534

Filed : September 22, 2000

For : DISTANCE CORRECTING APPARATUS OF SURROUNDINGS
MONITORING SYSTEM AND VANISHING POINT CORRECTING
APPARATUS THEREOF



Group Art Unit: 2121

Examiner: Unassigned

CLAIM FOR FOREIGN PRIORITY

Assistant Commissioner for Patents
Washington, D.C. 20231

Sir:

Under the provisions of Section 119 of 35 U.S.C., Applicants hereby claim the benefit of Japanese Application No. 2000-281266 filed in Japan on September 18, 1999, relating to the above-identified United States patent application.

In support of Applicants' claim for priority, a certified copy of said Japanese application is attached hereto.

Respectfully submitted,

SMITH, GAMBRELL & RUSSELL, LLP
Beveridge, DeGrandi, Weilacher & Young
Intellectual Property Group

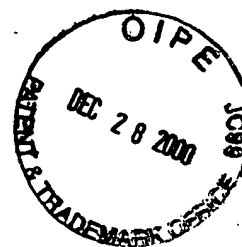
By: _____

Robert G. Weilacher, Reg. No. 20,531
1850 M Street, N.W., Suite 800
Washington, D.C. 20036
Telephone: (202) 659-2811
Fax: (202) 659-1462

Dated: December 28, 2000

日 本 国 特 許 庁

PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年 9月18日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-281266

出 願 人

Applicant (s):

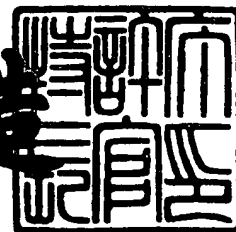
富士重工業株式会社

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

2000年11月17日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2000-3095166

【書類名】 特許願

【整理番号】 RT004402

【提出日】 平成12年 9月18日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G06T 03/00

【発明者】

【住所又は居所】 東京都三鷹市大沢三丁目9番6号 株式会社スバル研究所内

【氏名】 瀬田 至

【発明者】

【住所又は居所】 東京都三鷹市大沢三丁目9番6号 株式会社スバル研究所内

【氏名】 塙 圭二

【特許出願人】

【識別番号】 000005348

【氏名又は名称】 富士重工業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100101982

【弁理士】

【氏名又は名称】 久米川 正光

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 平成11年特許願第268015号

【出願日】 平成11年 9月22日

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 060635

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9813871

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 監視システムの距離補正装置、および監視システムの消失点補正装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

監視システムの距離補正装置において、

一対の撮像画像を得るステレオ撮像手段と、

前記ステレオ撮像手段により得られた一対の撮像画像に基づいて、ステレオマッチングにより視差を算出する視差算出手段と、

前記視差算出手段により算出された視差と、距離補正值としてのパラメータとに基づいて、対象物までの距離を算出する距離算出手段と、

撮像画像に基づき、距離方向に延在する互いに平行な複数の近似直線を算出するとともに、当該近似直線の交点から撮像画像の消失点を算出する消失点算出手段と、

前記消失点算出手段により算出された消失点に基づいて、前記パラメータを補正する補正手段と

を有することを特徴とする監視システムの距離補正装置。

【請求項 2】

撮像画像中に映し出された景色から、距離方向に延在する互いに平行な複数の基準対象物を検出するとともに、撮像画像平面における基準対象物の位置を特定する検出手段をさらに有し、

前記消失点算出手段は、前記検出手段によって複数の基準対象物が検出された場合、当該基準対象物のそれぞれについて撮像画像平面における近似直線を算出することを特徴とする請求項 1 に記載された監視システムの距離補正装置。

【請求項 3】

前記基準対象物は、撮像画像中に映し出された道路上の車線であって、

前記消失点算出手段は、道路上の左右の車線が検出された場合、左右の車線のそれぞれについて撮像画像平面における近似直線を算出することを特徴とする請求項 2 に記載された監視システムの距離補正装置。

【請求項 4】

前記消失点算出手段は、所定の距離レンジ内に存在する左右の車線に基づいて近似直線を算出することを特徴とする請求項 3 に記載された監視システムの距離補正装置。

【請求項 5】

前記検出手段は、距離に対する路面高の変化を表現した車線モデルを算出し、

前記補正手段は、前記消失点算出手段により算出された消失点に基づいて実路面高の変化状態を特定し、前記検出手段により算出された車線モデルに基づいて算出路面高の変化状態を特定し、かつ、前記算出路面高の変化状態が前記実路面高の変化状態に近づくように、前記パラメータを補正することを特徴とする請求項 3 に記載された監視システムの距離補正装置。

【請求項 6】

前記検出手段は、距離に対する路面高の変化を表現した車線モデルを算出し、

前記補正手段は、前記消失点算出手段により算出された消失点に基づいて距離に対する路面高の変化を示す第 1 の傾きを特定し、前記検出手段により算出された車線モデルに基づいて距離に対する路面高の変化を示す第 2 の傾きを特定し、かつ、前記第 1 の傾きに対する前記第 2 の傾きのずれが小さくなるように、前記パラメータを補正することを特徴とする請求項 3 に記載された監視システムの距離補正装置。

【請求項 7】

前記消失点算出手段は、撮像画像中に映し出された車線が直線であるか否かを判断し、車線が直線であると判断した場合に撮像画像の消失点を算出することを特徴とする請求項 3 に記載された監視システムの距離補正装置。

【請求項 8】

前記消失点算出手段は、撮像画像中に映し出された車線の位置の経時的な変化を評価し、車線の位置の経時的な変化が小さいならば車線としての信頼性が高いものと判断して、撮像画像の消失点を算出することを特徴とする請求項 7 に記載された監視システムの距離補正装置。

【請求項 9】

前記パラメータは消失点視差であることを特徴とする請求項 1 から 8 のいずれかに記載された監視システムの距離補正装置。

【請求項 1 0】

監視システムの距離補正装置において、

一対の撮像画像を得るステレオ撮像手段と、

水平方向への移動を示すパラメータに基づいて、前記ステレオ撮像手段により得られた一対の撮像画像に幾何学的な変換を施す変換手段と、

前記変換手段から出力された一対の撮像画像に基づいて、ステレオマッチングにより視差を算出する視差算出手段と、

前記視差算出手段により算出された視差から、対象物までの距離を算出する距離算出手段と、

撮像画像に基づき、距離方向に延在する互いに平行な複数の近似直線を算出するとともに、当該近似直線の交点から撮像画像の消失点を算出する消失点算出手段と、

前記消失点算出手段により算出された消失点に基づいて、前記パラメータを補正する補正手段と

を有することを特徴とする監視システムの距離補正装置。

【請求項 1 1】

撮像画像中に映し出された景色から、距離方向に延在する互いに平行な複数の基準対象物を検出するとともに、撮像画像平面における基準対象物の位置を特定する検出手段をさらに有し、

前記消失点算出手段は、前記検出手段によって複数の基準対象物が検出された場合、当該基準対象物のそれぞれについて撮像画像平面における近似直線を算出することを特徴とする請求項 1 0 に記載された監視システムの距離補正装置。

【請求項 1 2】

前記基準対象物は、撮像画像中に映し出された道路上の車線であって、

前記消失点算出手段は、道路上の左右の車線が検出された場合、左右の車線のそれぞれについて撮像画像平面における近似直線を算出することを特徴とする請求項 1 1 に記載された監視システムの距離補正装置。

【請求項 1 3】

前記消失点算出手段は、所定の距離レンジ内に存在する左右の車線に基づいて近似直線を算出することを特徴とする請求項 1 2 に記載された監視システムの距離補正装置。

【請求項 1 4】

前記検出手段は、距離に対する路面高の変化を表現した車線モデルを算出し、
前記補正手段は、前記消失点算出手段により算出された消失点に基づいて実路面高の変化状態を特定し、前記検出手段により算出された車線モデルに基づいて算出路面高の変化状態を特定し、かつ、前記算出路面高の変化状態が前記実路面高の変化状態に近づくように、前記パラメータを補正することを特徴とする請求項 1 2 に記載された監視システムの距離補正装置。

【請求項 1 5】

前記検出手段は、距離に対する路面高の変化を表現した車線モデルを算出し、
前記補正手段は、前記消失点算出手段により算出された消失点に基づいて距離に対する路面高の変化を示す第 1 の傾きを特定し、前記検出手段により算出された車線モデルに基づいて距離に対する路面高の変化を示す第 2 の傾きを特定し、かつ、前記第 1 の傾きに対する前記第 2 の傾きのずれが小さくなるように、前記パラメータを補正することを特徴とする請求項 1 2 に記載された監視システムの距離補正装置。

【請求項 1 6】

前記消失点算出手段は、撮像画像中に映し出された車線が直線であるか否かを判断し、車線が直線であると判断した場合に撮像画像の消失点を算出することを特徴とする請求項 1 2 に記載された監視システムの距離補正装置。

【請求項 1 7】

前記消失点算出手段は、撮像画像中に映し出された車線の位置の経時的な変化を評価し、車線の位置の経時的な変化が小さいならば車線としての信頼性が高いものと判断して、撮像画像の消失点を算出することを特徴とする請求項 1 6 に記載された監視システムの距離補正装置。

【請求項 1 8】

自車輛の前方の景色を撮像し、当該撮像画像中に映し出された対象物に関する三次元情報を予め設定された設定消失点を用いて求める監視システムの消失点補正装置において、

撮像画像中に映し出された道路上の車線を検出するとともに、撮像画像平面における車線の位置を特定する検出手段と、

道路上の左右の車線が検出された場合、撮像画像中に映し出された車線が直線であると判断されたときは、左右の車線のそれぞれについて撮像画像平面における近似直線を算出するとともに、当該近似直線の交点から撮像画像の消失点を算出する消失点算出手段と、

前記設定消失点が前記消失点算出手段により算出された消失点に近づくように、前記設定消失点を補正する補正手段とを有することを特徴とする監視システムの消失点補正装置。

【請求項 19】

前記消失点算出手段は、撮像画像中に映し出された車線の位置の経時的な変化を評価し、車線の位置の経時的な変化が小さいならば車線としての信頼性が高いものと判断して、撮像画像の消失点を算出することを特徴とする請求項 18 に記載された監視システムの消失点補正装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、ステレオカメラの位置ずれに起因した誤差を含んだ距離情報を補正する監視システム用の距離補正装置、およびその消失点補正装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

近年、CCD等の固体撮像素子を内蔵した一対の車載カメラ（ステレオカメラ）を用いたステレオ式車外監視装置が注目されている。三次元計測技術の一つであるステレオ法では、一方の画像におけるある画素ブロックと相関を有する領域を他方の画像において特定する。そして、この画素ブロックの視差、すなわち、双方の画像（ステレオ画像）における画素ブロックの相対的なずれ量に基づき、

三角測量の原理を用いて対象物までの距離を算出する。したがって、ステレオマッチングの精度を高めるためには、換言すると、信頼性の高い距離情報を得るためには、視差以外の位置的なずれがステレオ画像に存在しないことが望ましい。しかしながら、実際は、ステレオカメラの機械的な取り付け精度に起因した位置ずれ（例えば、水平方向や垂直方向への並進ずれ、或いは回転ずれ等）が存在する。この位置ずれのうち、特に、水平方向の並進ずれ（以下「水平ずれ」という）は、ステレオ画像における視差の誤差となって現れるため、それに基づき算出された距離は実測値と異なってしまう。

【0003】

この点に関して、特開平10-307352号公報には、ステレオ画像に幾何学的な変換を施すことによって、ステレオカメラの位置ずれを補正する技術が開示されている。すなわち、位置ずれを初期調整する場合、または経年変化により生じた位置ずれを再調整する場合、専用の補正值検出装置を、アフィン変換を行う画像補正装置に接続する。そして、それ専用の調整用パターンを撮像することにより得られたステレオ画像の画角差、回転ずれまたは並進ずれを算出し、それに応じたアフィン変換のパラメータを画像補正装置に設定（または再設定）する。このようにして設定されたアフィンパラメータに基づいて画像にアフィン変換を施すことで、ステレオカメラの水平ずれを含む位置ずれを画像処理によって等価的に補正している。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

上記の従来技術は、特別な調整用パターンをステレオカメラで撮像し、撮像画像におけるそのパターンの位置に基づいてずれ補正を行うものである。そのため、この技術は、位置ずれの調整時に通常の監視制御を中断する必要があるため、監視制御と並行したリアルタイム処理には向かない。したがって、経年変化または衝撃等により生じた位置ずれを、監視制御と並行して補正することは困難である。

【0005】

この発明は、かかる事情に鑑みてなされたもので、その目的は、ステレオカメ

ラの位置ずれ、特に水平ずれに起因した誤差を有する視差を、リアルタイム処理によって補正することである。

【0006】

また、この発明の別の目的は、補正された視差を用いて対象物までの距離を算出することにより、距離計測の精度の向上を図ることである。

【0007】

さらに、この発明の別の目的は、予め設定された消失点を用いて対象物に関する三次元情報を求める場合、この設定消失点を補正することにより、対象物に関する三次元情報の精度の向上を図ることである。

【0008】

【課題を解決するための手段】

かかる課題を解決するために、第1の発明は、監視システムの距離補正装置において、自車両の前方の景色を撮像することにより、一对の撮像画像を得るステレオ撮像手段と、ステレオ撮像手段により得られた一对の撮像画像に基づいて、ステレオマッチングにより視差を算出する視差算出手段と、視差算出手段により算出された視差と、距離補正值としてのパラメータとに基づいて、対象物までの距離を算出する距離算出手段と、撮像画像に基づき、距離方向に延在する互いに平行な複数の近似直線を算出するとともに、これらの近似直線の交点から撮像画像の消失点を算出する消失点算出手段と、消失点算出手段により算出された消失点に基づいて、パラメータを補正する補正手段とを有する監視システムの距離補正装置を提供する。このパラメータは、典型的には、消失点視差であってもよい。

【0009】

ここで、第1の発明において、撮像画像中に映し出された景色から、距離方向に延在する互いに平行な複数の基準対象物を検出するとともに、撮像画像平面における基準対象物の位置を特定する検出手段をさらに設けることが好ましい。この検出手段によって複数の基準対象物が検出された場合、消失点算出手段は、これらの基準対象物のそれぞれについて撮像画像平面における近似直線を算出する。

【0010】

また、上記基準対象物は、撮像画像中に映し出された道路上の車線であってもよい。消失点算出手段は、道路上の左右の車線が検出された場合、左右の車線のそれぞれについて撮像画像平面における近似直線を算出する。この場合、消失点算出手段は、所定の距離レンジ内に存在する左右の車線に基づいて近似直線を算出することが好ましい。

【0011】

また、検出手段は、距離に対する路面高の変化を表現した車線モデルを算出することが好ましい。この場合、補正手段は、消失点算出手段により算出された消失点に基づいて実路面高の変化状態を特定し、検出手段により算出された車線モデルに基づいて算出路面高の変化状態を特定し、かつ、算出路面高の変化状態が実路面高の変化状態に近づくように、パラメータを補正してもよい。また、補正手段は、消失点算出手段により算出された消失点に基づいて距離に対する路面高の変化を示す第1の傾きを特定し、検出手段により算出された車線モデルに基づいて距離に対する路面高の変化を示す第2の傾きを特定し、かつ、第1の傾きに対する第2の傾きのずれが小さくなるように、パラメータを補正してもよい。

【0012】

また、消失点算出手段は、撮像画像中に映し出された車線が直線であるか否かを判断し、車線が直線であると判断した場合に撮像画像の消失点を算出することが望ましい。この場合、消失点算出手段は、撮像画像中に映し出された車線の位置の経時的な変化を評価し、車線の位置の経時的な変化が小さいならば車線としての信頼性が高いものと判断して、撮像画像の消失点を算出することがより好ましい。

【0013】

第2の発明は、監視システムの距離補正装置において、自車輛の前方の景色を撮像することにより、一対の撮像画像を得るステレオ撮像手段と、水平方向への移動を示すパラメータに基づいて、ステレオ撮像手段により得られた一対の撮像画像に幾何学的な変換を施す変換手段と、変換手段から出力された一対の撮像画像に基づいて、ステレオマッチングにより視差を算出する視差算出手段と、視差

算出手段により算出された視差から、対象物までの距離を算出する距離算出手段と、撮像画像に基づき、距離方向に延在する互いに平行な複数の近似直線を算出するとともに、これらの近似直線の交点から撮像画像の消失点を算出する消失点算出手段と、消失点算出手段により算出された消失点に基づいて、パラメータを補正する補正手段とを有する監視システムの距離補正装置を提供する。

【 0 0 1 4 】

ここで、第 2 の発明において、撮像画像中に映し出された景色から、距離方向に延在する互いに平行な複数の基準対象物を検出するとともに、撮像画像平面における基準対象物の位置を特定する検出手段をさらに設けることが好ましい。この検出手段によって複数の基準対象物が検出された場合、消失点算出手段は、これらの基準対象物のそれぞれについて撮像画像平面における近似直線を算出する。

【 0 0 1 5 】

また、上記基準対象物は、撮像画像中に映し出された道路上の車線であってもよい。消失点算出手段は、道路上の左右の車線が検出された場合、左右の車線のそれぞれについて撮像画像平面における近似直線を算出する。この場合、消失点算出手段は、所定の距離レンジ内に存在する左右の車線に基づいて近似直線を算出することが好ましい。

【 0 0 1 6 】

また、検出手段は、距離に対する路面高の変化を表現した車線モデルを算出することが好ましい。この場合、補正手段は、消失点算出手段により算出された消失点に基づいて実路面高の変化状態を特定し、検出手段により算出された車線モデルに基づいて算出路面高の変化状態を特定し、かつ、算出路面高の変化状態が実路面高の変化状態に近づくように、パラメータを補正してもよい。また、補正手段は、消失点算出手段により算出された消失点に基づいて距離に対する路面高の変化を示す第 1 の傾きを特定し、検出手段により算出された車線モデルに基づいて距離に対する路面高の変化を示す第 2 の傾きを特定し、かつ、第 1 の傾きに対する第 2 の傾きのずれが小さくなるように、パラメータを補正してもよい。

【 0 0 1 7 】

また、消失点算出手段は、撮像画像中に映し出された車線が直線であるか否かを判断し、車線が直線であると判断した場合に撮像画像の消失点を算出することが望ましい。この場合、消失点算出手段は、撮像画像中に映し出された車線の位置の経時的な変化を評価し、車線の位置の経時的な変化が小さいならば車線としての信頼性が高いものと判断して、撮像画像の消失点を算出することがより好ましい。

【0018】

第3の発明は、自車輛の前方の景色を撮像し、この撮像画像中に映し出された対象物に関する三次元情報を予め設定された設定消失点を用いて求める監視システムの消失点補正装置において、撮像画像中に映し出された道路上の車線を検出すると共に、撮像画像平面における車線の位置を特定する検出手段と、道路上の左右の車線が検出された場合、撮像画像中に映し出された車線が直線であると判断されたときは、左右の車線のそれぞれについて撮像画像平面における近似直線を算出するとともに、これらの近似直線の交点から撮像画像の消失点を算出する消失点算出手段と、設定消失点が消失点算出手段により算出された消失点に近づくように、設定消失点を補正する補正手段とを有する監視システムの消失点補正装置を提供する。ここで、第3の発明において、消失点算出手段は、撮像画像中に映し出された車線の位置の経時的な変化を評価し、車線の位置の経時的な変化が小さいならば車線としての信頼性が高いものと判断して、撮像画像の消失点を算出することが好ましい。

【0019】

【発明の実施の形態】

（第1の実施例）

図1は、第1の実施例にかかるステレオ式車外監視装置の構成を示したブロック図である。ルームミラーの近傍に取り付けられたステレオカメラは、通常の走行状態において、自車輛前方の道路や先行車等を含む景色を撮像する。このステレオカメラは、CCD等のイメージセンサを内蔵した一対のカメラ1，2で構成されており、各カメラ1，2は、車幅方向において所定の間隔で取り付けられている。基準画像信号を出力するメインカメラ1は、車輛の進行方向に向かって右

側に取り付けられている。一方、比較画像信号を出力するサブカメラ2は、進行方向に向かって左側に取り付けられている。カメラ対1, 2の同期が取れている状態において、各カメラ1, 2から出力されたアナログ画像信号は、後段の回路の入力レンジに合致するように、アナログインターフェース3において調整される。また、アナログインターフェース3中のゲインコントロールアンプ(GCA) 3aにおいて画像の明るさバランスが調整される。

【0020】

アナログインターフェース3において調整されたアナログ画像信号は、A/Dコンバータ4により、所定の輝度階調(例えば、256階調のグレースケール)のデジタル画像データに変換される。デジタル化された各データは、補正回路5においてアフィン変換が施される。各カメラ1, 2の位置ずれ、そしてそれに起因したステレオ画像のずれは、画像にアフィン変換を施すことにより等価的に補正される。本明細書では、「アフィン変換」という用語を、画像を回転、移動または拡大・縮小する幾何学的な座標変換を総称する意味で用いている。補正回路5は、4つのアフィンパラメータK, θ , SHFTI, SHFTJを用いて、原画像に対して下式で示した線形変換を施す。

【数1】

$$\begin{pmatrix} i' \\ j' \end{pmatrix} = K \begin{pmatrix} \cos\theta & -\sin\theta \\ \sin\theta & \cos\theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} i \\ j \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \text{SHFTI} \\ \text{SHFTJ} \end{pmatrix}$$

この数式において、(i, j)は原画像の座標であり、(i', j')は変換後の座標である。また、アフィンパラメータSHFTI, SHFTJはそれぞれ、i方向(画像の水平方向)への移動、j方向(画像の垂直方向)への移動を表している。また、アフィンパラメータ θ , Kはそれぞれ θ の回転、K倍の拡大(|K|<1の場合は縮小)を示している。ステレオ画像にアフィン変換を施すことによって、ステレオマッチングの精度を確保する上で重要な「ステレオ画像における水平線の一致」が保証される。なお、補正回路5の詳細なハードウェア構成については、特開平10-307352号公報に記述されているので、必要ならば参照されたい。

【 0 0 2 1 】

このような画像処理を経て、メインカメラ 1 の出力信号から、水平方向が 512 画素、垂直方向が 200 画素の画像領域における各画素の輝度値が基準画像データとして得られる。また、サブカメラ 2 の出力信号から、基準画像と垂直方向長が同じで、基準画像よりも大きな水平方向長を有する比較画像データが得られる（一例として、水平方向が 640 画素、垂直方向が 200 画素）。なお、二次元平面である画像の $i - j$ 座標系は、画像の左下隅を原点として、水平方向を i 座標軸、垂直方向を j 座標軸とする（単位は画素）。基準画像データおよび比較画像データは、画像データメモリ 7 に格納される。

【 0 0 2 2 】

ステレオ演算回路 6 は、基準画像データと比較画像データとに基づいて視差 d を算出する。視差 d は、基準画像において 4×4 画素の画素ブロック毎に一つ算出されるため、一フレーム分の基準画像では 128×50 個算出され得る。基準画像中の一面素ブロックの視差 d_i を算出する場合、まず、その対象画素ブロックの輝度特性と相関を有する領域を比較画像において特定する。周知のとおり、ステレオ画像に映し出された対象物までの距離はステレオ画像における視差、すなわち、基準画像と比較画像との間における水平方向のずれ量として現れる。したがって、比較画像を探索する場合、対象画素ブロックの j 座標と同じ水平線（エピポーラライン）上を探索すればよい。ステレオ演算回路 6 は、このエピポーラライン上を一面素ずつシフトしながら、画素ブロック毎に対象画素ブロックとの相関を評価する（ステレオマッチング）。

【 0 0 2 3 】

二つの画素ブロックの相関関係は、例えば、周知の相関評価手法であるシティブロック距離を用いて評価することができる。ステレオ演算回路 6 は、エピポーラライン上に存在する領域（対象画素ブロックと同一面積）毎にシティブロック距離を求め、基本的には、シティブロック距離の値が最小となる領域を対象画素ブロックの相関先として特定する。そして、対象画素ブロックとその特定された相関先との水平方向のずれ量が視差 d_i となる。なお、シティブロック距離の算出に関するハードウェア構成および相関先の詳細な決定手法については、特開平

5-114099号公報に開示されているので必要ならば参照されたい。ステレオ演算回路6により算出された視差dは距離データメモリ8に格納される。

【0024】

マイクロコンピュータ9（機能的に捉えた場合、その機能的ブロックである認識部10）は、画像データメモリ7から基準画像データを読み出し、基準画像中に映し出された対象物（例えば先行車等）を周知の画像認識技術を用いて認識する。また、認識部10は、距離データメモリ8から読み出した視差dを基本パラメータとして、下式に基づいて対象物までの距離Zを算出する。

【数2】

$$Z = \frac{KZH}{d - DP}$$

同式において、KZHは所定の定数（カメラ基線長／水平視野角）であり、DPは消失点視差である。本実施例において、消失点視差DPは視差補正值（可変）であり、その値は後述する補正演算部13において算出される。

【0025】

また、認識部10は「道路形状の認識」を行う。ここで、「道路形状の認識」とは、三次元的な道路形状を左右の車線（白線や追い越し禁止ライン等）に関する関数で表現し、この関数の各パラメータを、実際の道路形状（直線、カーブ曲率または起伏）に合致するような値に設定することである。なお、以下の説明では、車線の典型が白線であるから、白線を例に説明する。ただし、本発明は白線に限定されるものではない点に留意されたい。以下、本実施例における白線モデルの算出手法を図12を参照しつつ説明する。

【0026】

まず、基準画像において白線エッジP edge、すなわち、水平方向の輝度エッジ（隣接画素間の輝度の変化量が大きい箇所）のうち白線に起因して生じたものが特定される。白線エッジP edgeは、走行路の左側と右側とについて別個に探索され、複数の左白線エッジP edge1と複数の右白線エッジP edge2とがそれぞれ特定される。具体的には、下記の3つの条件を具備する輝度エッジが白線エッジP ed

geとして認識される。

(白線エッジの条件)

1. 輝度変化量が所定値以上である輝度エッジで、かつ、輝度エッジの内側（画像中央側）の画素よりも外側（画像端側）の画素の方が輝度が大きいこと

すなわち走行路の左右の白線に起因した白線エッジP edgeは、図1.2に示したように、白線の内側の境界（白線と舗装路との境界）における輝度エッジである。

2. 条件1を満たす白線エッジP edgeの候補に関して、それと同一水平線上の外側にさらに輝度エッジが存在し、かつ、この輝度エッジの外側の画素よりも内側の画素の方が輝度が大きいこと

白線は所定の幅を有しているため、白線エッジP edgeの外側にも境界が存在する。この条件は、このような白線の特徴に鑑みて設けられたものである。

3. 条件1を満たす白線エッジP edgeを含む画素ブロックに関して、視差dが算出されていること

白線エッジP edgeが存在する箇所に視差dが算出されていなければ、その白線エッジP edgeは道路形状を認識するのに有効な情報とはならないからである。

【0027】

認識部10は、特定された白線エッジP edge毎に、その座標(i, j)およびその視差dを下記の数式3および数式4に示した周知の座標変換式に代入することにより、その実空間上の座標(X, Y, Z)を算出する。

【数3】

$$Y = CAH - Z(JV - j)PWV$$

【数4】

$$X = \frac{r}{2} + Z(IV - i)PWH$$

ここで、定数CAHはステレオカメラ1, 2の取付高さ、定数rはステレオカ

メラ1, 2の取り付け間隔、定数PWV, PWHはそれぞれ1画素当たりの垂直視野角、水平視野角である。また、定数IV, JVはそれぞれ予め設定された消失点Vのi座標値、j座標値である。また、自車両の位置を基準に設定された実空間の座標系は、ステレオカメラ1, 2の中央真下の道路面を原点として、車幅方向をX軸、車高方向をY軸、車長方向（距離方向）をZ軸とする。撮像画像に映し出された対象物（先行車、立体物、または道路等）に関して、画像平面上の座標(i, j)および視差dが特定されると、数式2～数式4に示した変換式に基づいて、実空間上の座標(X, Y, Z)を一意に特定することができる。

【0028】

このようにして特定された各白線エッジPedgeの実空間上の座標(X, Y, Z)に基づいて白線モデルが特定される。白線モデルは、認識範囲（例えばカメラ位置から車両前方84m先まで）内の左右の白線エッジPedge1, Pedge2のそれぞれに関して所定区間ごとに近似直線を求め、これを折れ線状に連結して表現したものである。一例として図11の白線モデルは、認識範囲を7つの区間に分けて、各区間における左右の白線エッジPedge1, Pedge2毎に最小二乗法を用いて下式の直線で近似している。

【数5】

（左白線モデルL）

$$X = a_L \cdot Z + b_L$$

$$Y = c_L \cdot Z + d_L$$

（右白線モデルR）

$$X = a_R \cdot Z + b_R$$

$$Y = c_R \cdot Z + d_R$$

【0029】

これらの白線モデルL, Rは、道路のカーブ曲率を表現したカーブ関数($X = f(Z)$)と、道路の勾配や起伏を表現した勾配関数($Y = f(Z)$)とで構成されている。したがって、実空間における道路の三次元的な変化状態は、左右の白線モデルL, Rによって把握することができる。認識部10により算出された各白線エッジPedgeおよび左右の白線モデルL, Rは補正演算部13に伝達される。

【0030】

認識部10は、先行車や道路形状に関する認識結果に基づいて、警報が必要1と判定された場合、モニタやスピーカ等の警報装置11を作動させてドライバーに注意を促す。また、必要に応じて制御装置12を制御することにより、AT（自動変速機）のシフトダウンやエンジン出力の抑制、或いはブレーキの作動といった車輛制御が実行される。

【0031】

つぎに、本実施例における距離情報の補正手法の概略について、図8を参照しつつ説明する。まず、起伏のない平坦な道路がZ軸に対して常に水平である（すなわち自車輛のピッチングが存在しない）と仮定した場合、距離Zに対する路面高Yの変化状態は傾き $a = 0$ の直線 L_r で表現される（以下、この直線 L_r を実路面高という）。つぎに、基準画像に映し出された路面上の一点 p_1 （以下、路面点という）の座標を (i_1, j_1) としその視差を d_1 とした場合、この路面点 p_1 の実空間上の位置は、下式に示した (x_1, y_1, z_1) として一意に特定される。

【数6】

$$z_1 = \frac{KZH}{d_1 - DP}$$

【数7】

$$y_1 = CAH - z_1(JV - j_1)PWV$$

【数8】

$$x_1 = \frac{r}{2} + z_1(IV - i_1)PWH$$

【0032】

起伏のない平坦な道路が水平に存在する場合、視差 d_1 により算出された距離

z_1 が誤差を含まないならば、数式7により算出された高さ y_1 は当然0となるはずである。つまり、距離 z_1 の値が実測値と一致するならば、原点と路面点 p_1 とを結ぶ直線 Lr' （以下、この直線 Lr' を算出路面高という）は、実路面高 Lr と完全に一致する（つまり算出路面高 Lr' の傾きは0となる）。これに対して、距離 z_1 の値が誤差を含み実測値と異なる場合、数式7から算出される高さ y_1 は0とはならず、算出路面高 Lr' はある傾き a' （ $a' = y_1 / z_1 \neq 0$ ）を有する。算出された高さ y_1 が0にならない理由は、ステレオカメラの水平ずれの影響により誤差を含んだ視差 d_1 が算出され、その誤差が消失点視差 DP （視差補正值に相当）によって適切に相殺されていないからである（数式6参照）。そこで、実路面高 Lr の傾き a （ $a = 0$ ）に対する算出路面高 Lr' の傾き a' （ $a \neq 0$ ）のずれ量がわかれば、以下に述べる数式変形によって消失点視差 DP の適正值と現在値とのずれ量 ΔDP を算出することができる。

【0033】

まず、消失点視差 DP が誤差を完全に相殺するような最適値である場合、算出路面高 Lr' の傾きの値は a （実路面高 Lr の傾きと一致）となる。したがって、この傾き a は、上述した数式6および数式7に基づいて下式で表される。

【数9】

$$a = \frac{y_1}{z_1} = \frac{CAH}{KZH} (d_1 - DP) - (JV - j_1)PWV$$

一方、消失点視差が本来設定されるべき適切値 DP からずれた値 DP' である場合、算出路面高 Lr' の傾き a' は、下式で表される。

【数 10】

$$\begin{aligned}
 a' &= \frac{y_l}{z_l} \\
 &= \frac{CAH}{KZH} (d_l - DP') - (JV - j_l)PWV
 \end{aligned}$$

上記の数式 9 と数式 10 とに基づいて、 d 、 j を消去すると、下式が得られる。

【数 11】

$$a - a' = \frac{CAH}{KZH} (DP' - DP)$$

そして、数式 11 を変形し、 $DP - DP'$ 、すなわち消失点視差のずれ量 ΔD P を求めると下式のようなになる。

【数 12】

$$\begin{aligned}
 \Delta DP &= DP - DP' \\
 &= \frac{KZH}{CAH} (a' - a)
 \end{aligned}$$

【0034】

ここで実路面高 L_r の傾き a は 0 である。一方、算出路面高 L_r' の傾き a' は認識部 10 において算出された白線モデル L 、 R ($Y = c \cdot Z + d$) のパラメータ c (距離 Z に対する路面高 Y の変化を示す) に基づいて特定することができる。算出路面高 L_r' の傾き a' と同様に、ステレオカメラの水平ずれが生じている場合には、白線モデル L 、 R (パラメータ c も含めて) にもその誤差が反映される。そこで、所定範囲の距離 (例えば $0 \sim Z_2$) までの左右の白線モデル L 、 R のパラメータ c_L 、 c_R の平均値をパラメータ C として、この値 C を算出路面高 L_r' の傾き a' と見なすことができる。そして、 $a = 0$ 、 $a' = C$ を数式 12 に代入す

ることにより、消失点視差のずれ量 ΔDP は、最終的に下式で表される。

【数 13】

$$\Delta DP = \frac{KZH}{CAH} C$$

数式 13 からわかるように、白線モデル L, R から算出されたパラメータ C に定数 (KZH/CAH) を乗じた値が、消失点視差のずれ量 ΔDP となる。そこで、現在の消失点視差 DP にずれ量 ΔDP を加算した値に変更すれば、算出路面高 Lr' を実路面高 Lr と一致させることができる ($a' = a = 0$)。つまり、ステレオカメラの水平ずれに起因した視差 d の誤差は、数式 13 にしたがって算出されたずれ量 ΔDP に基づき適切に設定された消失点視差 DP を用いることにより、その影響を相殺することができる。その結果、ステレオカメラに水平ずれが存在したとしても、視差補正值である消失点視差 DP を適切に設定することで、正確な距離 Z を算出することができる。

【0035】

上述した説明は、起伏のない平坦な道路が Z 軸に対して常に水平に存在することを前提としている。しかしながら、実際には、自車両のピッチングの影響があるため、水平な道路の実路面高 L が常に Z 軸と一致するとは限らない。例えば、自車両が上方（空側）を向いている状態では実路面高 Lr の傾き a が負の値となり、下方（地面側）を向いている状態ではその傾き a が正の値となる。上述した説明のように実路面高 Lr の傾き a を 0 としてしまうと、ピッチングの影響によって、消失点視差のずれ量 ΔDP 自体に誤差が生じてしまうため好ましくない。算出距離の精度を向上させるという観点でいえば、ピッチングを考慮して実路面高 Lr の傾き a を適切に算出する必要がある。

【0036】

そこで、基準画像における左右の白線の二次元的な（すなわち $i-j$ 平面上の）位置情報に基づいて「消失点」を特定し、この「消失点」から実路面高 Lr の傾き a を算出する。ここで「消失点」とは、すべての奥行方向の平行線分が収束

する無限に遠い点（無限遠点）をいう。例えば、三次元空間内に配置された直方体をカメラを通して二次元平面に写像すると、直方体を構成する奥行方向の平行線分は平行にはならず、必ず1点に向かう（収束する）。これらの線分の延長線上の交点が「消失点」である。自車両の前方を撮像する車外監視装置においては、舗装された道路端に存在する左右の白線が、奥行方向に平行に延在する線分に該当する。左右の白線は互いに平行であるから、画像平面における左右の白線をそれぞれ直線近似し、これらの直線の交点を消失点 V_{2d} (IV_{2D}, JV_{2D}) とする。

【0037】

具体的には、図13に示したように、複数の左白線エッジ P_{edge1} を直線で近似して近似直線 L_1 を求めると共に、複数の右白線エッジ P_{edge2} を直線で近似して近似直線 L_2 を求める。その際、消失点 JV_{2D} の算出精度を向上させるために、適切に設定された距離レンジ（例えば $0 \sim Z_2$ ）内の白線エッジ P_{edge} だけを対象として近似直線を算出することが好ましい。あまり距離レンジが短いと近似直線 L_1, L_2 の近似精度が低下してしまうからである。逆に、あまり距離レンジが長いと演算量の増大を招いたり、直線上の白線を映し出すケースが少なくなる（つまり消失点 JV_{2D} の算出に適した白線状態にマッチする可能性が少なくなる）からである。そして、これらの近似直線 L_1, L_2 の交点が消失点 V_{2d} に相当する。なお、実路面高 L_r の傾き a は消失点 V_{2d} の j 座標値 JV_{2D} さえ特定できれば算出することができるので、以下の説明では消失点 V_{2d} の j 座標値 JV_{2D} を「消失点」、または設定消失点 JV との相違を明確化する意味で「実消失点」と呼ぶことにする。

【0038】

図9は、実路面高 L_r と算出路面高 L_r' との関係を示した図である。ステレオカメラは、図9に示したようにカメラの取付高さ CAH と 実消失点 JV_{2D} とを結ぶ消失線 L_v が、実路面高 L_r と平行になるように取り付けられている。自車両にピッチングが生じた場合、実路面高 L_r の傾きは変化するが、それと同時に消失線 L_v の傾きも同様に変化する。つまり、自車両のピッチングの有無に拘わらず、実路面高 L_r の傾きは消失線 L_v の傾きと常に一致する（それらの傾きはともに a ）。つまり、ピッチングが生じて、消失線 L_v と実路面高 L_r とは常に平行な

関係が保たれる。したがって、実路面高 L_r の傾きは消失線 L_v の傾き a を求めることにより特定することができる。この傾き a さえ分かれば、以下のような数式変形により、消失点視差 DP を算出することができる。

【0039】

まず、上述した数式 3 の変数 j に実消失点 $JV2D$ を代入した後、これを数式変形して $Z-Y$ 平面上における傾き (Y/Z) について求めたのが下式である。同数式からわかるように、実消失点 $JV2D$ が特定できれば、消失線 L_v の傾き a (これが実路面高 L_r の傾きに相当) は一意に特定される。

【数 14】

$$a = (JV2D - JV) PWV$$

この数式 14 を数式 12 に代入することにより、最終的に下式を得ることができる。

【数 15】

$$\Delta DP = \frac{KZH}{CAH} C - \frac{KZH}{CAH} (JV2D - JV) PWV$$

この数式 15 は、数式 13 からピッチングの影響分を補正項として減算したものである。この補正項は、設定消失点 JV と実消失点 $JV2D$ との差を引いたものに所定の定数 (KZH/CAH) を乗じた値である。したがって、消失点視差 DP の現在値にずれ量 ΔDP を加算すれば、自車両のピッチングの有無に拘らず、算出路面高 L_r' の傾き a' は実路面高 L_r の傾き a と常に一致する。これは、ステレオカメラの水平ずれに起因した誤差が消失点視差 DP により相殺され、実測値どおりの距離 Z が算出されていることを意味している。自車両のピッチングの影響は、消失線 L_v (および実路面高 L_r) の傾き a のみならず、算出路面高 L_r' の傾き a' にも同様に作用する。しかしながら、ずれ量 ΔDP は、傾き a に関するピ

ツチング影響分と傾き a' に関するその影響分とが互いに相殺される形で算出される（数式 1.2 参照）。したがって、ピッチングの影響を受けることなく、正確なずれ量 ΔDP を算出することができる。

【 0 0 4 0 】

つぎに、本実施例にかかる視差補正の詳細について、図 2 から図 3 に示したフローチャートに基づいて説明する。補正演算部 13 は、このフローチャートに示した一連の手順にしたがって消失点視差 DP の値を更新し、その値を認識部 10 にフィードバックする。なお、このフローチャートは、所定期間のサイクル毎に繰り返し実行される。

【 0 0 4 1 】

まず、ステップ 1 において、補正演算部 13 は、認識部 10 において算出されたある基準画像の白線エッジ P_{edge} と白線モデル L, R とを読み込む。つぎに、ステップ 2 からステップ 6 までの各手順において、基準画像が消失点 $JV2D$ を算出するのに適した状態であるか否かが評価される。まず、消失点 $JV2D$ の算出対象となっている基準画像（対象フレーム）において左右の白線が存在するか否かが判断される（ステップ 2）。これは、認識部 10 において左右の白線モデル L, R が算出されているかを調べることにより判断することができる。また、左白線エッジ P_{edge1} と右白線エッジ P_{edge2} とが算出されているか否かを調べることにより判断してもよい。ステップ 2 において否定判定された場合、すなわち左右の双方に白線が存在しない場合は、互いに平行な線分を抽出できないので消失点 $JV2D$ を算出することができない。したがって、制御の安定性を図るため、消失点視差 DP の現在値を変更することなくリターンへ進み、今回のサイクルにおける本フローチャートの実行を終了する。一方、ステップ 2 において肯定判定された場合は、ステップ 3 に進む。

【 0 0 4 2 】

ステップ 2 に続くステップ 3 において左右の白線の信頼性が検証される。具体的には以下の 2 つの点が評価される。そしてステップ 4 において白線として信頼できると判断された場合のみステップ 5 に進む。一方、白線として信頼できないと判断された場合は、消失点視差 DP の値を変更することなくリターンへ進む。

(白線の信頼性評価)

1. 前回のサイクルにおける白線位置と今回のサイクルにおける白線位置とのずれが所定値よりも大きい場合は白線としての信頼性が低いと判断する。具体的には、従前のサイクルで検出された白線エッジ P edge の位置と今回のサイクルで検出された白線エッジ P edge の位置的が大きくずれている場合には白線としての信頼性が低いと判断する。

2. 白線がどのくらい先まで見えているかを検証する。白線は少なくともある程度の長さを有している。したがって、フレーム間の白線の推移も考慮して、白線エッジ P edge が奥行き方向において一定の長さ以上延在していない場合には白線としての信頼性が低いと判断する。

【 0 0 4 3 】

ステップ 5 において白線の直線性が評価される。正確な消失点 JV2D を算出するためには、その算出のベースとなる左右の白線が直線的に延在した状態である必要があり、カーブした白線からでは正確な消失点 JV2D を算出することができない。そこで、ステップ 6 において白線が直線であると判断された場合のみステップ 7 へ進み、それ以外の場合は、消失点視差 DP の値を変更することなくリターンへ進む。

【 0 0 4 4 】

白線の直線性は、例えば、認識部 10 において算出された白線モデル（カーブ関数 $X = f(Z)$ ）に基づいて評価することができる。図 11 を参照しながら説明すると、まず、Z-X 平面における所定の距離レンジ（例えば $0 \sim Z_2$ ）におけるカーブ関数の傾き A1（左右の白線 L, R の傾き a_L, a_R の平均）を算出する。この傾き A1 は、第 1 区間における傾き a_1 と第 2 区間における傾き a_2 との平均値を用いる。つぎに、その先の所定の距離レンジ（例えば $Z_2 \sim Z_4$ ）におけるカーブ関数の傾き A2 を算出する。この傾き A2 は、第 3 区間における傾き a_3 と第 4 区間における傾き a_4 との平均値を用いる。そして、傾き A1 と傾き A2 との差（絶対値）を求め、この差が所定のしきい値以下であれば白線が直線であると判断する。

【 0 0 4 5 】

ステップ7以降の手順は、消失点視差DPの更新に関するものである。まず、ステップ7において、所定の距離レンジ（例えば0～Z2）内に存在する複数の左白線エッジP edge1の近似直線L1が、最小自乗法により算出される（図13参照）。同様に、その距離レンジ内に存在する複数の右白線エッジP edge2の近似直線L2も最小自乗法により算出される。

【0046】

ステップ7に続くステップ8において、図13に示したように近似直線L1、L2の交点を特定することで、基準画像の消失点JV2Dが算出される。そして、ステップ8にて算出された消失点JV2Dを数式14に代入することにより消失線Lvの傾きaが算出される（ステップ9）。上述したように、消失線Lvの傾きaを求めるということは、実路面高の傾きaを算出することに他ならない。

【0047】

つぎに、ステップ10において、算出路面高Lr'の傾きa'が算出される。上述したように、傾きa'は左右の白線モデルL, Rから算出されたパラメータCを用いる。

【0048】

そして、ステップ11において視差補正值、すなわち消失点視差DPの更新処理が行われる。図4は、消失点視差DPの更新処理手順を示したフローチャートである。まず、ステップ21において、数式15にパラメータCと消失点JV2Dとを代入することにより、消失点視差のずれ量ΔDPが算出される。

【0049】

ステップ21に続くステップ22において、制御の安定性を図るために比例制御を用いて消失点視差DPの更新演算が行われる。すなわち、消失点視差DPの現在値に、ステップ21において算出されたずれ量ΔDPに比例定数k（ $0 < k < 1$ ）を乗じた値を加算することで、消失点視差DPの値を更新する。そして、更新された消失点視差DPが認識部10に対して出力され（ステップ23）、今回のサイクルにおける本フローチャートの実行が終了する。

【0050】

上述したフローチャートを各サイクルにおいて実行する。それにより、消失点

視差 DP が適切な値でない状況が発生した場合であっても、その値が本来の適切値へと徐々に近づいていく。これにより、ステレオカメラの水平ずれに起因した距離 Z の誤差は消失点視差 DP により相殺されていくので、算出路面高 Lr' の傾き a' は実路面高 Lr の傾き a に収束していく。

【 0 0 5 1 】

以上のような手順で、消失点視差 DP に関するフィードバック調整を監視制御と並行して行うことにより、ステレオカメラの水平ずれが生じた場合であっても常に精度の高い距離を算出することができる。したがって、経年変化や衝撃等によってステレオカメラの取付け位置が初期設定状態から変化した場合であっても、信頼性の高い距離情報を安定して得ることができる。そして、このような算出距離に基づいて監視制御を行うことにより、車外監視の信頼性の向上を図ることができる。

【 0 0 5 2 】

また、基準画像の実消失点 $JV2D$ を算出するのに必要な奥行き方向に延在する互いに平行な直線として、道路端に存在する左右の白線を用いている。本実施例では、白線の直線性やフレーム間における白線の位置関係を評価することにより、白線が消失点 $JV2D$ を算出するのに適したものであるかを判断している。そして、適していると判断された場合のみ視差補正值である消失点視差 DP の値を変更している。したがって、不適切な消失点 $JV2D$ が算出されてしまうのを防ぐことができるので、信頼性の高い距離情報を一層安定して得ることができる。

【 0 0 5 3 】

なお、上記の説明において、消失点視差の更新は、比例制御によって行っているが、それを統計制御によって行ってもよい。例えば、消失点視差のずれ量 ΔDP の 1000 サンプル分のヒストグラムを取り、その最頻値をずれ量 ΔDP として用いてもよい。なお、統計制御による更新処理が可能な点は第 2 から第 4 の実施例についても同様である。

【 0 0 5 4 】

(第 2 の実施例)

第 2 の実施例は、実路面高 Lr の傾き a (すなわち消失点 JV の傾き a) と算出

路面高 Lr' の傾き a' (すなわち路面モデル L, R から特定されたパラメータ C) との大小関係から、視差補正值 DP を更新するものである。この更新手順は第 1 の実施例における図 2 および図 3 のフローチャートと同様である。第 1 の実施例と相違する点は、図 3 のステップ 11、すなわち距離算出パラメータ更新処理に関する部分である。

【 0 0 5 5 】

図 5 は、第 2 の実施例にかかる視差補正值 DP の更新処理手順を示したフローチャートである。まず、ステップ 31 において、算出路面高 Lr' の傾き a' から実路面高 Lr の傾き a を減算した値が正のしきい値 TH よりも大きいか否かが判断される。ステップ 31 において肯定判定された場合は、消失点視差 DP に関して、現在の値に所定値 α が加算され (ステップ 34)、従前よりも大きな消失点視差 DP が認識部 10 へ出力される (ステップ 36)。一方、ステップ 31 において否定判定された場合はステップ 32 に進む。

【 0 0 5 6 】

ステップ 32 において、傾き a' から傾き a を減算した値が負のしきい値 $-TH$ よりも小さいか否かが判断される。ステップ 32 において肯定判定された場合は、消失点視差 DP に関して現在の値から所定値 α が減算され (ステップ 34)、従前よりも小さな消失点視差 DP が認識部 10 へ出力される (ステップ 36)。一方、ステップ 32 において否定判定された場合、すなわち傾き a' から傾き a を減算した値が負のしきい値 $-TH$ から正のしきい値 TH の範囲である場合は、制御の安定性を図るために適切な消失点視差 DP であると判断し、この値は変更しない。

【 0 0 5 7 】

算出路面高 Lr' の傾き a' と実路面高 Lr の傾き a との差と距離 Z との関係を図 10 に基づいて説明する。路面点 $P1$ までの距離が $z1$ であり、この路面点 $P1$ を通る実路面高 Lr の傾きを a とする。一方、カメラの水平ずれにより誤差を含んだ距離 $z1'$ が算出された場合、 $Z-Y$ 平面における路面点 $P1'$ は、カメラの取付高さ CAH と本来の路面点 $P1$ とを結ぶ直線 m 上に出現する。したがって、本来の距離 $z1$ よりも算出された距離 $z1'$ の方が小さくなるほど、算出路面高 Lr' の

傾き a' の方が実路面高 Lr の傾き a よりも大きくなることがわかる。このような観点から、 $a' > a$ の場合は算出距離 $z1'$ が大きくなるようにすればよく、そのためには消失点視差 DP の値を増大させればよい（数式 2 参照）。逆に、 $a' < a$ の場合は算出距離 $z1'$ が小さくなるようにすればよく、そのためには消失点視差 DP の値を減少させればよい。

【 0 0 5 8 】

上述したフローチャートを各サイクルにおいて実行することで、消失点視差 DP が適切でない状況が生じたとしても、その値が本来の適切値へと徐々に近づいていく。これにより、ステレオカメラの水平ずれに起因した距離 Z の誤差は消失点視差 DP により相殺されていくので、算出路面高 Lr' の傾き a' は実路面高 Lr の傾き a に収束していく。そのため、本実施例においても、第 1 の実施例と同様に、精度の高い距離を安定して算出することができる。そして、このような算出距離に基づいて監視制御を行うことにより、車外監視の信頼性の向上を図ることができる。

【 0 0 5 9 】

（第 3 の実施例）

本実施例の特徴は、算出路面高 Lr' の傾き a' と実路面高 Lr の傾き a との差に応じて、アフィン変換におけるアフィンパラメータ $SHFTI$ （水平方向への移動）を更新する点にある。

【 0 0 6 0 】

図 6 は、第 3 の実施例にかかるステレオ式車外監視装置の構成を示したブロック図である。補正演算部 13 において算出されたアフィンパラメータ $SHFTI$ が補正回路 5 へとフィードバックされている点を除けば、図 1 のブロック図と同一である。したがって、図 1 のブロック図に示した構成要素と同一のものについては、同一の符号を付してここでの説明を省略する。

【 0 0 6 1 】

アフィンパラメータ $SHFTI$ の更新手順は第 1 の実施例における図 2 および図 3 のフローチャートと同様である。第 1 の実施例と相違する点は、図 3 のステップ 11、すなわち距離算出パラメータ更新処理に関する部分である。

【0062】

図7は、視差補正值である水平方向への移動を表すアフィンパラメータSHFTIの更新処理手順を示したフローチャートである。まず、ステップ41において、算出路面高 Lr' の傾き a' から実路面高 Lr の傾き a を減算した値が正のしきい値 TH よりも大きいか否かが判断される。ステップ41において肯定判定された場合は、アフィンパラメータSHFTIに関して、現在の値から所定値 β を減算し（ステップ44）、従前よりも小さなアフィンパラメータSHFTIが補正回路5へ出力される（ステップ46）。一方、ステップ41において否定判定された場合はステップ42に進む。

【0063】

ステップ42において、傾き a' から傾き a を減算した値が負のしきい値 $-TH$ よりも小さいか否かが判断される。ステップ42において肯定判定された場合は、アフィンパラメータSHFTIに関して現在の値に所定値 β を加算し（ステップ44）、従前よりも大きなアフィンパラメータSHFTIが補正回路5へ出力される（ステップ46）。一方、ステップ42において否定判定された場合、すなわち傾き a' から傾き a を減算した値が負のしきい値 $-TH$ から正のしきい値 TH の範囲である場合は、制御の安定性を図るために適切なアフィンパラメータSHFTIであると判断し、この値は変更しない。

【0064】

第2の実施例において説明したように、 $a' > a$ の場合は算出距離 $z1'$ が大きくなるように、換言すれば、視差 d を小さくすればよい。そのためにはアフィンパラメータSHFTIの値を従前よりも小さくし、水平方向への移動量が小さくなるように更新すればよい。逆に、 $a' < a$ の場合は算出距離 $z1'$ が小さくなるように、換言すれば、視差 d を大きくすればよい。そのためにはアフィンパラメータSHFTIの値を従前よりも大きくし、水平方向への移動量が大きくなるように更新すればよい。

【0065】

以上のような、水平方向への移動を表すアフィンパラメータSHFTIに関するフィードバック調整を監視制御と並行して行う。これにより、ステレオカメラの水

平ずれが生じた場合であっても、その影響はアフィンパラメータSHFTIにより相殺されるため、精度の高い視差 d を算出することができる。その結果、第 1 の実施例と同様に、精度の高い距離情報を得ることができるため、車外監視の信頼性の向上を図ることができる。

【 0 0 6 6 】

(第 4 の実施例)

本実施例は、上述した数式 3, 4、すなわち対象物の位置 (X, Y 座標) を算出する変換式において用いられている設定消失点 $V (IV, JV)$ を、図 1 3 に示した消失点 $V2d (IV2D, JV2D)$ を用いて調整する手法に関するものである。

【 0 0 6 7 】

図 1 4 は、第 4 の実施例にかかるステレオ式車外監視装置の構成を示したブロック図である。補正演算部 1 3 は、基準画像データに基づいて算出された基準画像中の消失点 $V2d (IV2D, JV2D)$ に基づいて、設定消失点 $V (IV, JV)$ の更新演算を行う。そして、算出された消失点 IV, JV が認識部 1 0 へ出力される。なお、この点を除けば、図 1 のブロック図と同一であるので、図 1 のブロック図に示した構成要素と同一の符号を付してここでの説明を省略する。

【 0 0 6 8 】

つぎに、設定消失点 IV, JV の更新手順について説明する。まず、図 2 に示したフローチャートに示したステップ 1 からステップ 6 までの手順にしたがい、基準画像が消失点 $J2d (IV2D, JV2D)$ を算出するのに適した状態であるか否かが評価される。

【 0 0 6 9 】

図 1 5 は、本実施例にかかる図 2 に続く手順を示したフローチャートであり、設定消失点 $V (IV, JV)$ の更新処理に関するものである。まず、ステップ 5 1 において、所定の距離レンジ (例えば $0 \sim Z2$) 内に存在する複数の左白線エッジ P_{edge1} の近似直線 $L1$ が最小自乗法により算出される (図 1 3 参照)。同様に、このステップ 5 1 において、その距離レンジ内に存在する複数の右白線エッジ P_{edge2} の近似直線 $L2$ が最小自乗法により算出される。そして、ステップ 5 2 において、図 1 3 に示したように近似直線 $L1, L2$ の交点を特定することで、

基準画像の消失点 J 2d (IV2D, JV2D) が算出される。

【 0 0 7 0 】

ステップ 5 2 に続くステップ 5 3 において、上述した数式 3, 4 において用いられる設定消失点 V (IV, JV) の更新処理が行われる。まず、設定消失点 V の i 座標値 I V の現在値とステップ 5 2 において算出された消失点 V 2d の i 座標値 IV 2d とを比較することにより、下記のような比例制御によって消失点 I V を更新する。ここで、 γ は $0 < \gamma < 1$ の定数である。

(消失点 I V の更新)

$$I V - IV2D > TH \quad \dots \quad I V \leftarrow I V - \gamma$$

$$I V - IV2D < -TH \quad \dots \quad I V \leftarrow I V + \gamma$$

$$|I V - IV2D| \leq TH \quad \dots \quad I V \leftarrow I V$$

【 0 0 7 1 】

すなわち、設定消失点 I V が画像の左右の白線から特定された消失点 I V 2 D よりも大きい場合は、設定消失点 I V は画像の水平方向右側にずれてしまっていることを意味している。この場合は、設定消失点 I V の現在値から定数 γ を引くことにより、設定消失点 I V を所定量だけ左側にシフトさせる。また、設定消失点 I V が消失点 I V 2 D よりも小さい場合は、設定消失点 I V は画像の左側にずれてしまっていることを意味している。この場合は、設定消失点 I V の現在値に定数 γ を加算することにより、設定消失点 I V を所定量だけ右側にシフトさせる。ただし、制御の安定性を図るために、両者の差（絶対値）が所定値 TH 以内である場合は、設定消失点 I V は変更しない。

【 0 0 7 2 】

同様に、設定消失点 V の j 座標値 J V の現在値とステップ 5 2 において算出された消失点 V 2d の j 座標値 JV2D とを比較することにより、下記のような比例制御によって消失点 J V を更新する。ここで、 δ は $0 < \delta < 1$ の定数である。

(消失点 J V の更新)

$$J V - JV2D > TH \quad \dots \quad J V \leftarrow J V - \delta$$

$$J V - JV2D < -TH \quad \dots \quad J V \leftarrow J V + \delta$$

$$|J V - JV2D| \leq TH \quad \dots \quad J V \leftarrow J V$$

【 0 0 7 3 】

すなわち、設定消失点 J V が画像の左右の白線から特定された消失点 J V 2 D よりも大きい場合は、設定消失点 J V は画像の垂直方向上側にずれてしまっていることを意味している。この場合は、設定消失点 J V の現在値から定数 δ を引くことにより、設定消失点 J V を所定量だけ下側にシフトさせる。また、設定消失点 J V が消失点 J V 2 D よりも小さい場合は、設定消失点 J V は画像の下側にずれてしまっていることを意味している。この場合は、設定消失点 J V の現在値に定数 δ を加算することにより、設定消失点 J V を所定量だけ上側にシフトさせる。ただし、制御の安定性を図るために、両者の差（絶対値）が所定値 T H 以内である場合は、設定消失点 J V は変更しない。

【 0 0 7 4 】

ステップ 5 3 に続くステップ 5 4 において、ステップ 5 3 において設定された消失点 I V, J V が認識部 1 0 へ出力される。

【 0 0 7 5 】

上述したフローチャートを各サイクルにおいて実行することで、設定消失点 I V, J V が適切でない状況が生じたとしても、その値が本来の適切値へと徐々に近づいていく。この制御を通常の監視制御と平行してリアルタイムで行えば、設定消失点 I V, J V の現在値に誤差が生じたとしても、その値を最適値へ徐々に収束させることができる。その結果、対象物の位置 (X, Y) を精度よく算出することができるため、車外監視の信頼性の向上を図ることができる。

【 0 0 7 6 】

（撮像画像を用いた各種監視システムへの適用）

上述した各実施例では、撮像画像に映し出された道路上の左右の車線（白線）を利用して、消失点を算出する手法について説明した。これは、自動車の前方監視の場合、通常、距離方向（Z 方向）に向かって延在する車線が道路の左右に存在し、これらは互いに平行であることが多いという一般的な傾向に鑑みたものである。本明細書では、車線のように、距離方向に向かって互いに平行に延在し、消失点算出のベースとなる直線的な対象物を「基準対象物」という。そして、本発明は、「基準対象物」が映し出される撮像画像を用いた各種監視システムに広

く適用することができる。

【0077】

一例として、撮像画像に基づき周囲の状況を認識する屋内ロボットに適用する場合、壁と床との2つの境界線を「基準対象物」として用いることができる。図16は、屋内ロボットにおける撮像画像の一例である。通常、左壁と床との境界線および右壁と床との境界線は、距離方向（奥行方向）に向かって互いに平行に延在していることが多い。したがって、左右の境界線を利用して、消失点補正や距離補正を行うことができる。以下、境界線を利用した消失点の調整手順の概略を説明する。

【0078】

まず、基準画像に基づき複数の直線 L_1 、 L_2 を検出する。上述した（白線エッジの条件）と同様に、壁と床との境界部分の輝度エッジや視差に関する条件を予め設定しておく。そして、撮像画像において、この条件に合致する部分を境界線として認識し、その直線性を適宜評価した上で、それぞれの近似直線 L_1 、 L_2 を算出する。また、別の手法としては、周知のハフ変換等を用いて、撮像画像において直線を形成する点（境界部分のエッジ画素）を抽出することにより、「基準対象物」となる直線 L_1 、 L_2 を算出してもよい。

【0079】

つぎに、距離画像に基づき直線 L_1 、 L_2 が概ね平行であることを判定する。上述したように、距離画像に基づいて、直線 L_1 、 L_2 を構成する各領域の実空間上の位置を特定することができる。したがって、2本の直線 L_1 、 L_2 が検出された場合、周知の手法を用いて、これらの直線 L_1 、 L_2 の平行性を判定する。

【0080】

直線 L_1 、 L_2 が平行である場合、基準画像におけるこれらの交点より、消失点を算出する。そして、距離画像から直線 L_1 、 L_2 の傾き a を計算し、この値から消失点の座標を逆算する。最後に、算出された2つの消失点の座標が一致するように、消失点視差の値を調整する。

【0081】

また、他の例として、鉄道車両の前方状況を監視するシステムに適用する場合、左右のレールを「基準対象物」として用いることができる。図 1 7 は、鉄道車両前方の撮像画像の一例である。左右のレールは、距離方向に向かって互いに平行に延在している。したがって、左右のレールを「基準対象物」として用いることで 2 本の平行な直線 L_1 、 L_2 を特定できるため、上述した手法で消失点を調整することが可能となる。

【 0 0 8 2 】

【発明の効果】

このように本発明では、距離情報等の三次元情報の算出にかかるパラメータ（例えば、消失点視差 DP 、アフィンパラメータ $SHFTI$ 、設定消失点 IV 、 JV 等）を、撮像画像における左右の白線から算出された実消失点に基づいて補正している。したがって、ステレオカメラの位置ずれが生じた場合であっても、それに起因した誤差を相殺するようなパラメータ値に自動的に調整されるため、精度の高い三次元情報（例えば距離情報）を安定して得ることができるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図 1】第 1 の実施例にかかるステレオ式車外監視装置の構成を示したブロック図

【図 2】第 1 の実施例にかかる視差補正手順の一部を示したフローチャート

【図 3】図 2 に続く手順を示したフローチャート

【図 4】第 1 の実施例にかかる視差補正值 DP の更新処理手順を示したフローチャート

【図 5】第 2 の実施例にかかる視差補正值 DP の更新処理手順を示したフローチャート

【図 6】第 3 の実施例にかかるステレオ式車外監視装置の構成を示したブロック図

【図 7】視差補正值 $SHFTI$ の更新処理手順を示したフローチャート

【図 8】算出路面高を説明するための図

【図 9】実路面高と算出路面高との関係を示した図

【図 10】 実路面高と算出路面高との相違による距離のずれを説明するための図

【図 11】 白線モデルを示した図

【図 12】 基準画像の白線エッジを説明するための図

【図 13】 基準画像における消失点の算出手法を説明するための図

【図 14】 第 4 の実施例にかかるステレオ式車外監視装置の構成を示したブロック図

【図 15】 第 4 の実施例にかかる図 2 に続く手順を示したフローチャート

【図 16】 屋内ロボットの撮像画像の一例

【図 17】 鉄道車両前方の撮像画像の一例

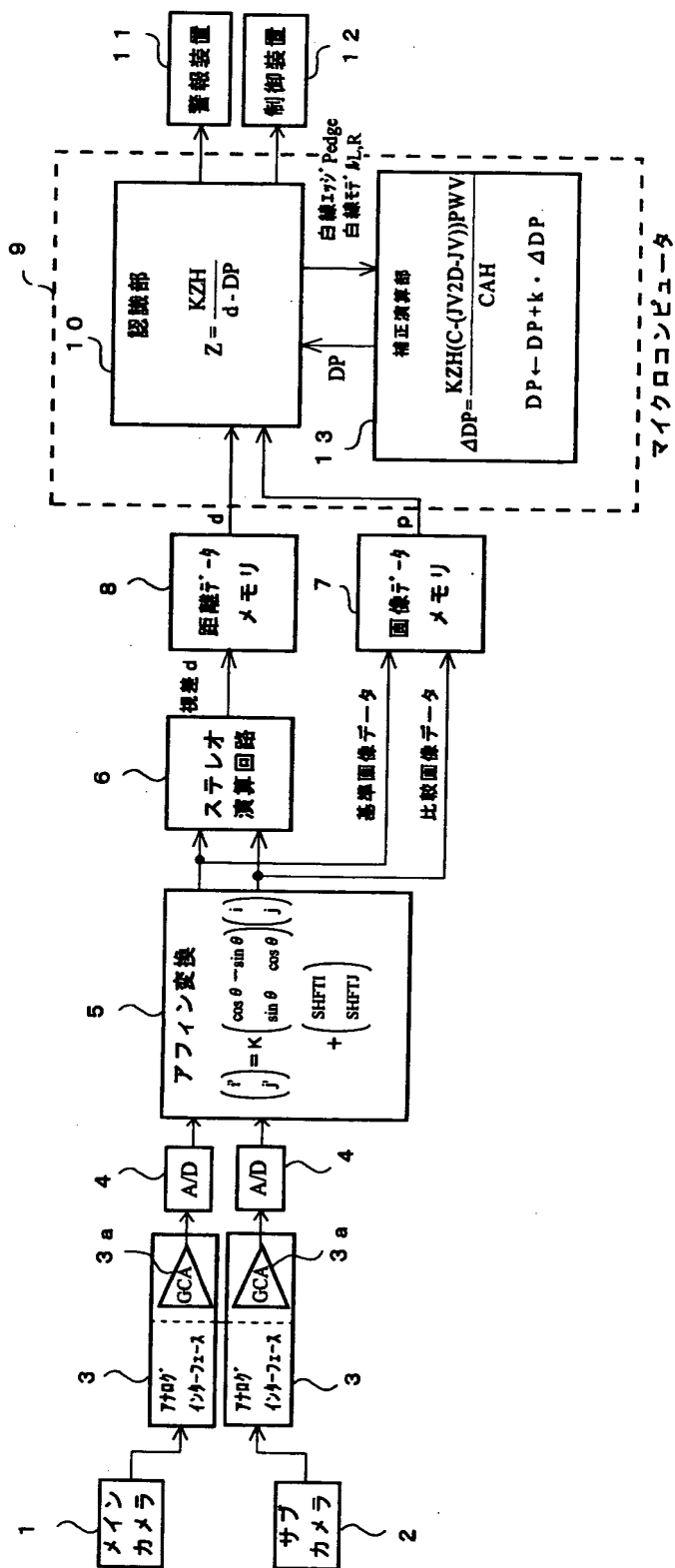
【符号の説明】

- | | | | |
|----|---------------|-----|---------------|
| 1 | メインカメラ、 | 2 | サブカメラ、 |
| 3 | アナログインターフェース、 | 3 a | ゲインコントロールアンプ、 |
| 4 | A/Dコンバータ、 | 5 | 補正回路、 |
| 6 | ステレオ演算回路、 | 7 | 画像データメモリ、 |
| 8 | 距離データメモリ、 | 9 | マイクロコンピュータ、 |
| 10 | 認識部、 | 11 | 警報装置、 |
| 12 | 制御装置、 | 13 | 補正演算部 |

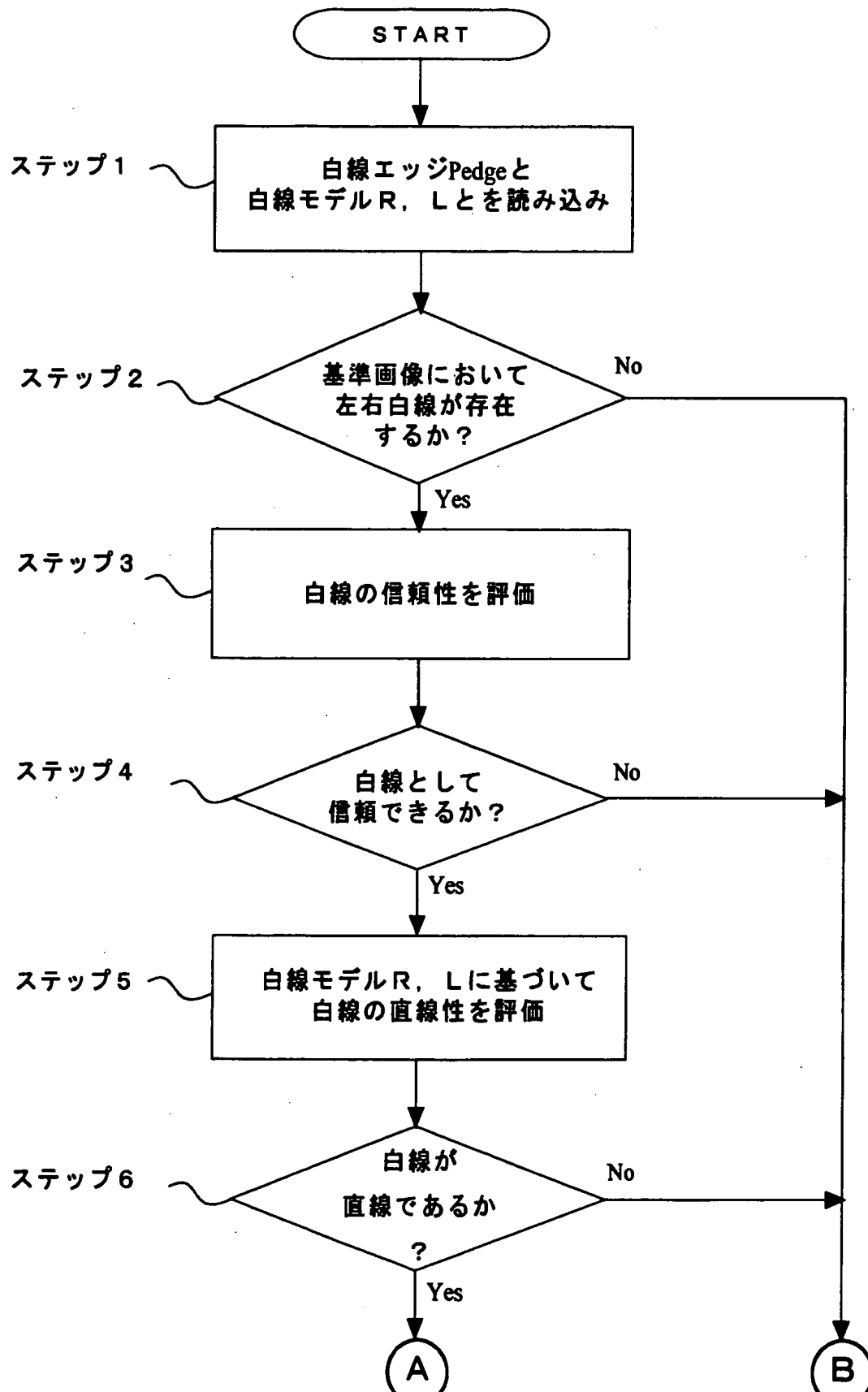
【書類名】

図面

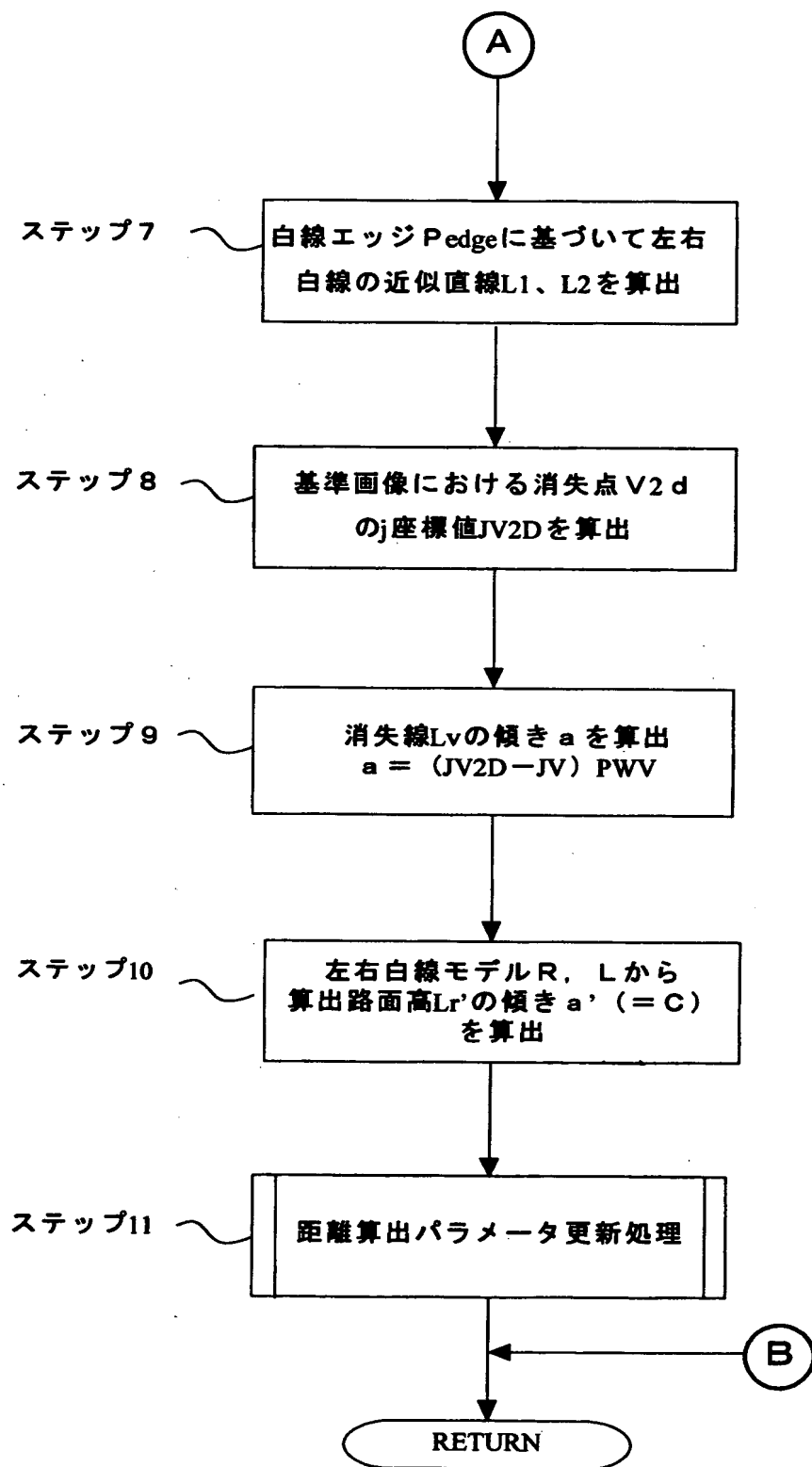
【図1】



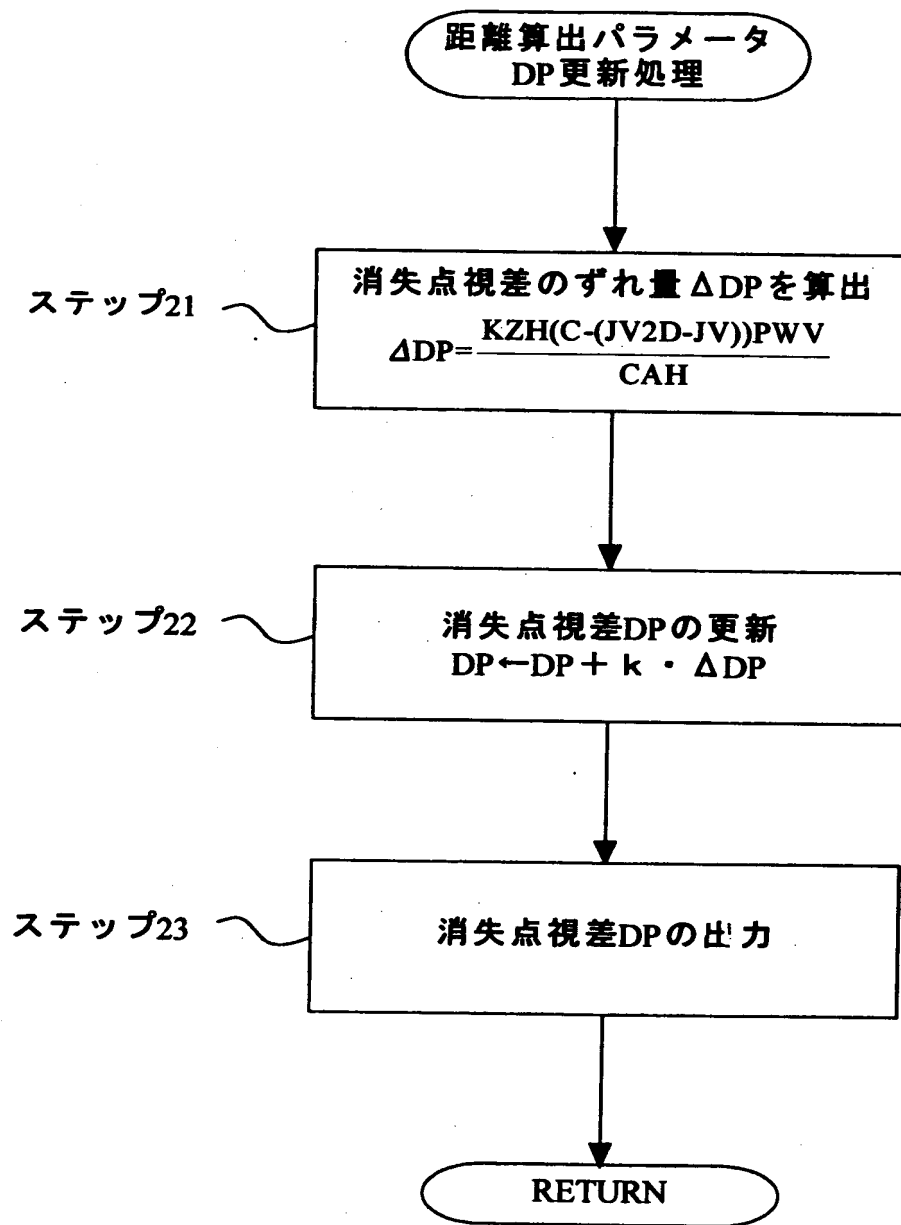
【図2】



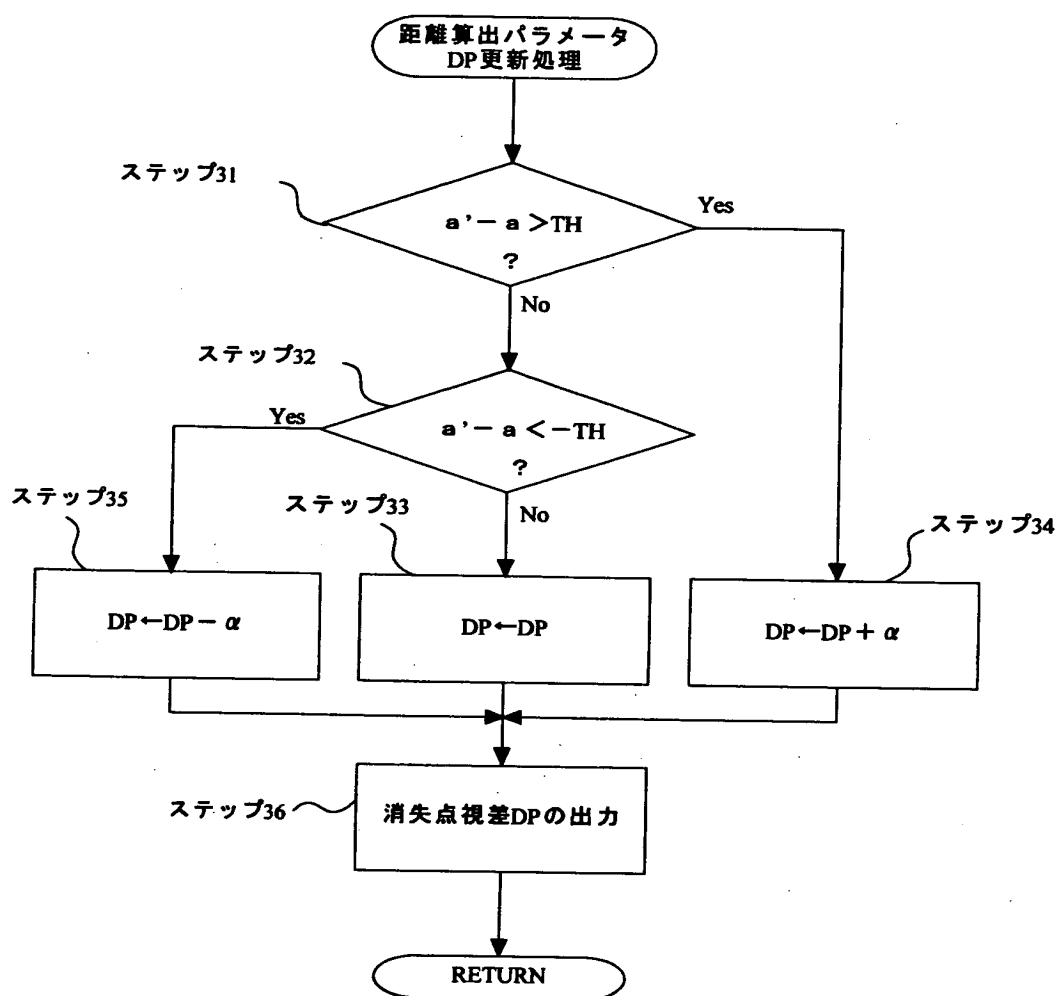
【図 3】



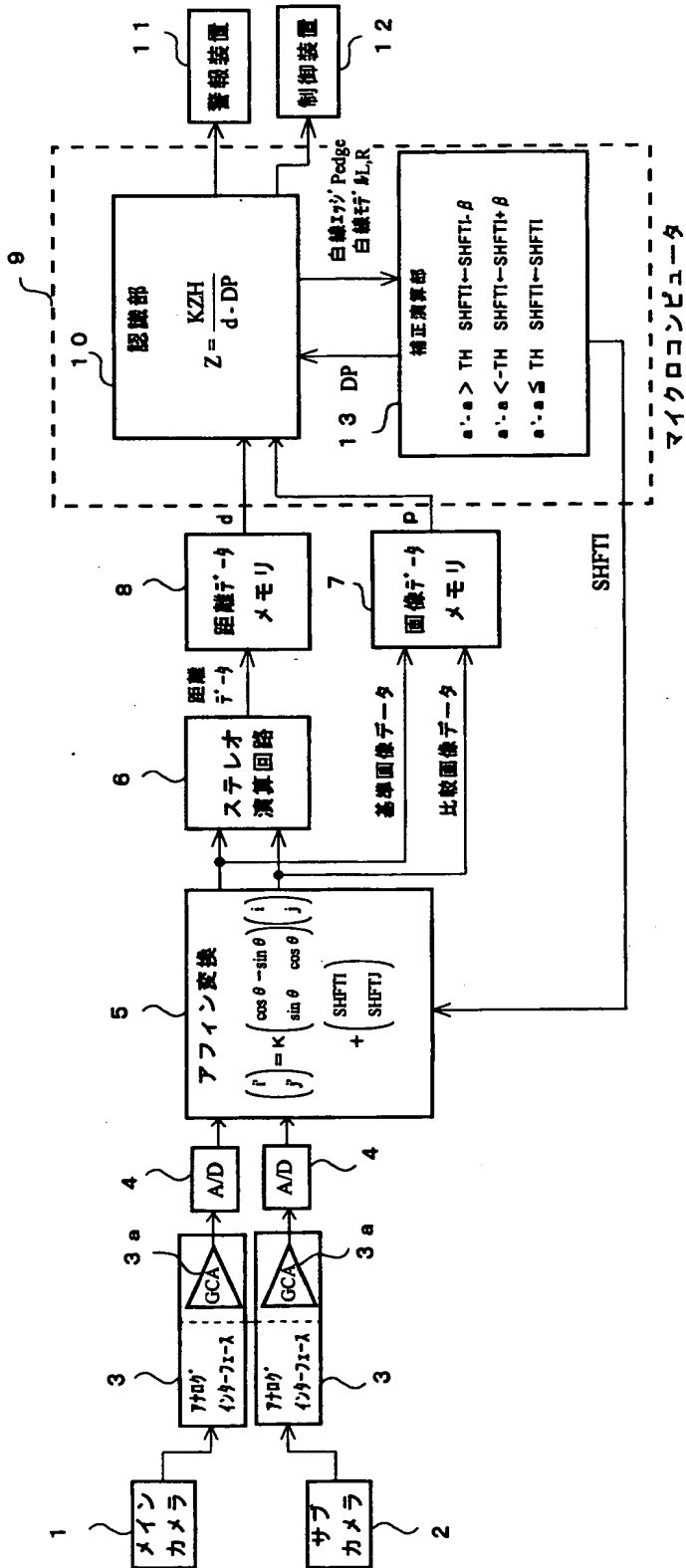
【図4】



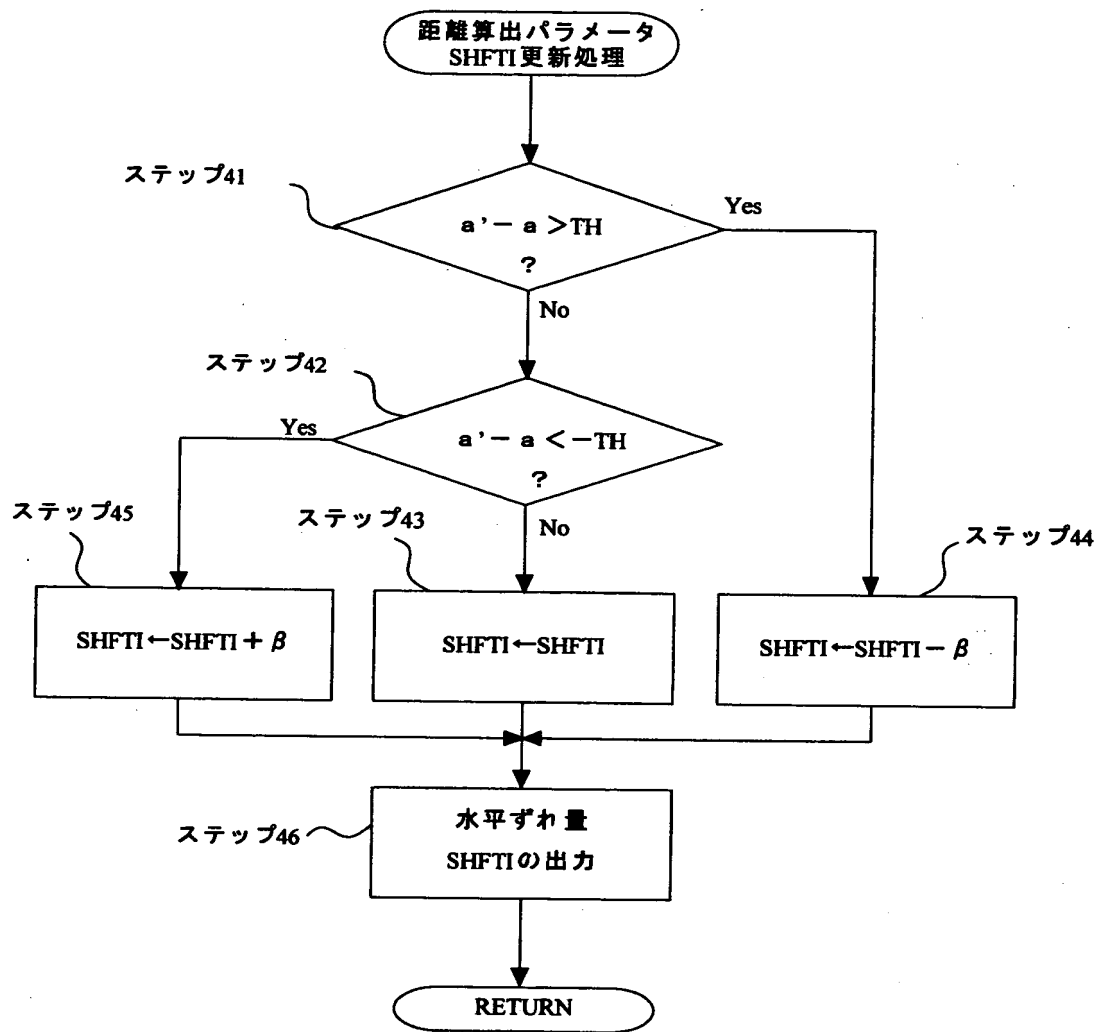
【図 5】



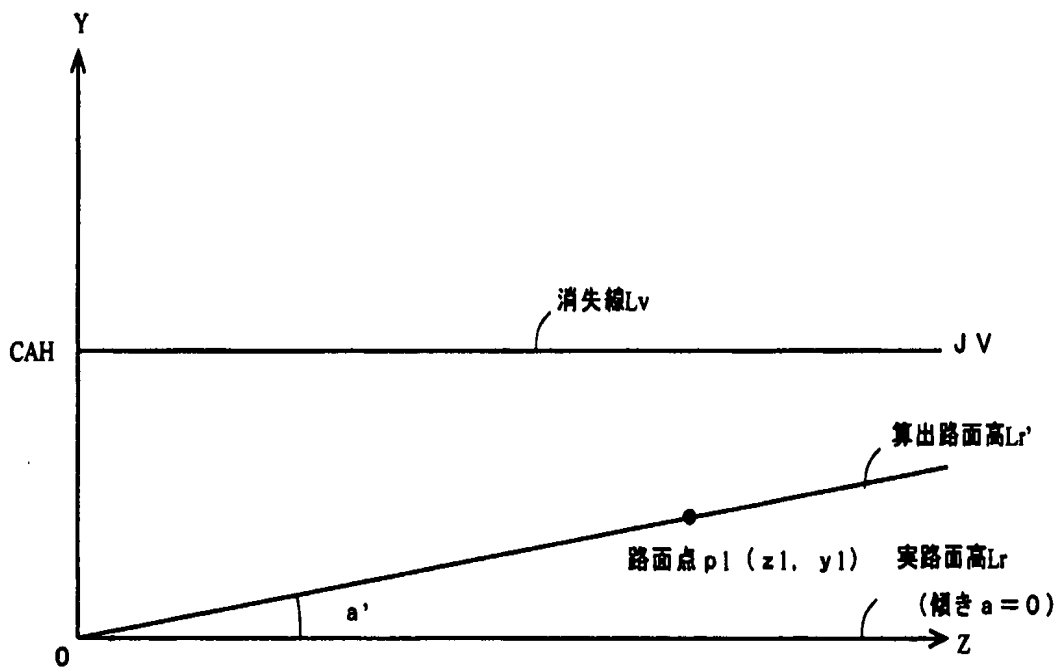
【図 6】



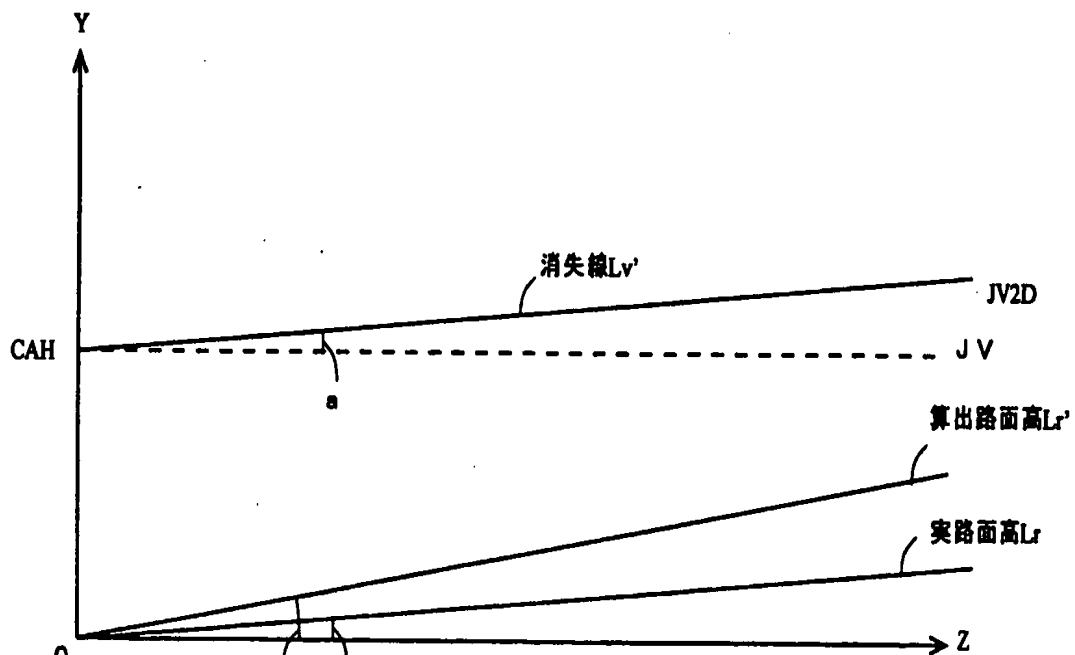
【図7】



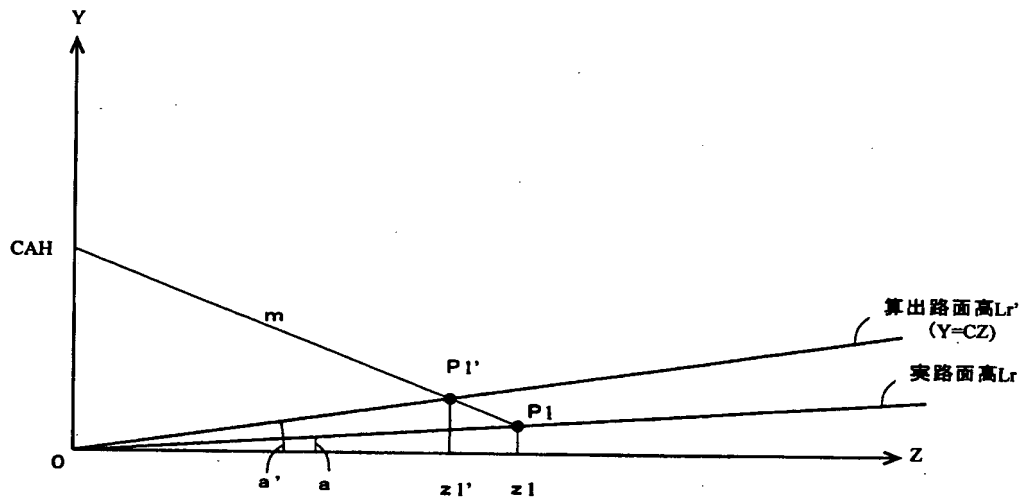
【図8】



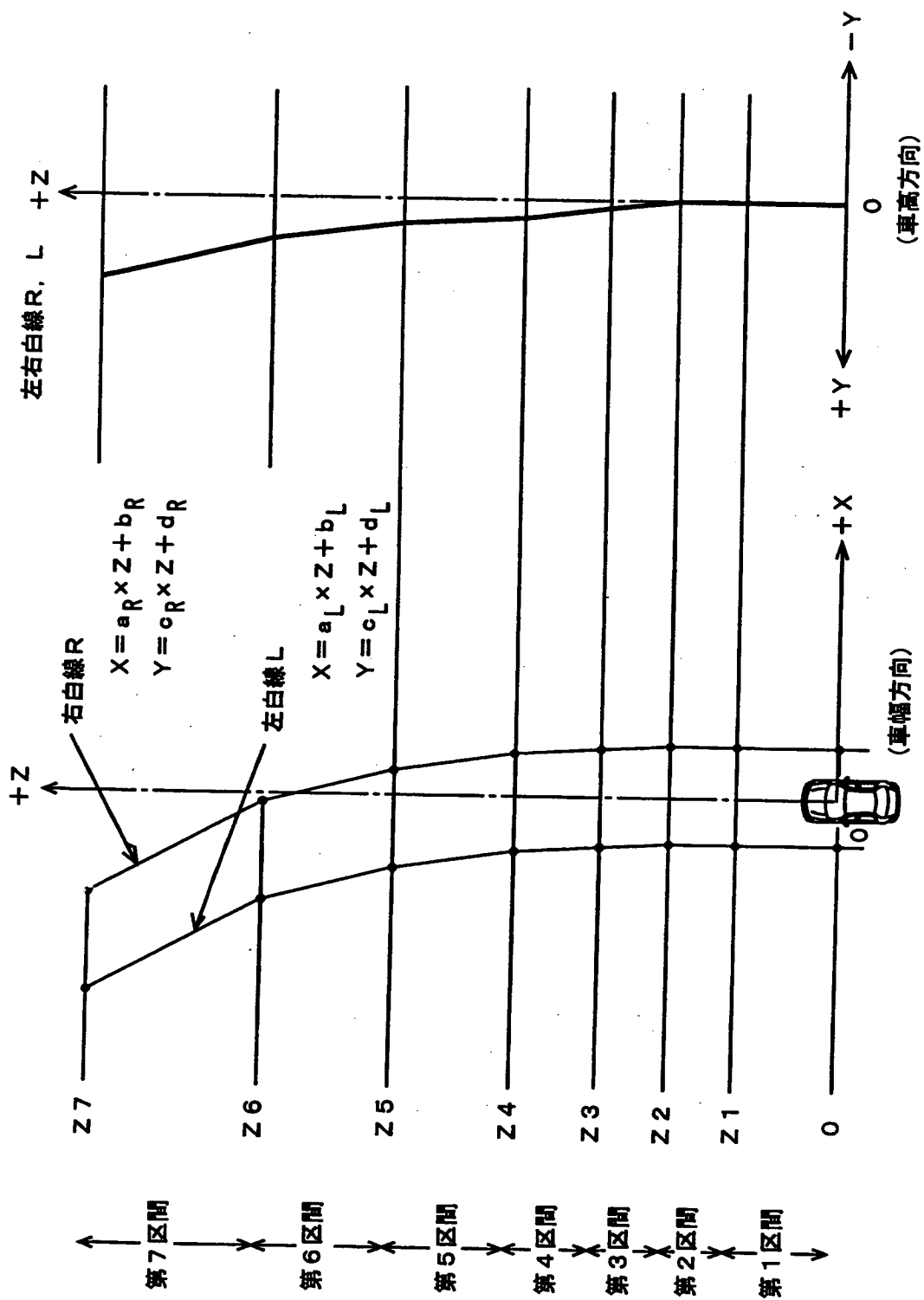
【図9】



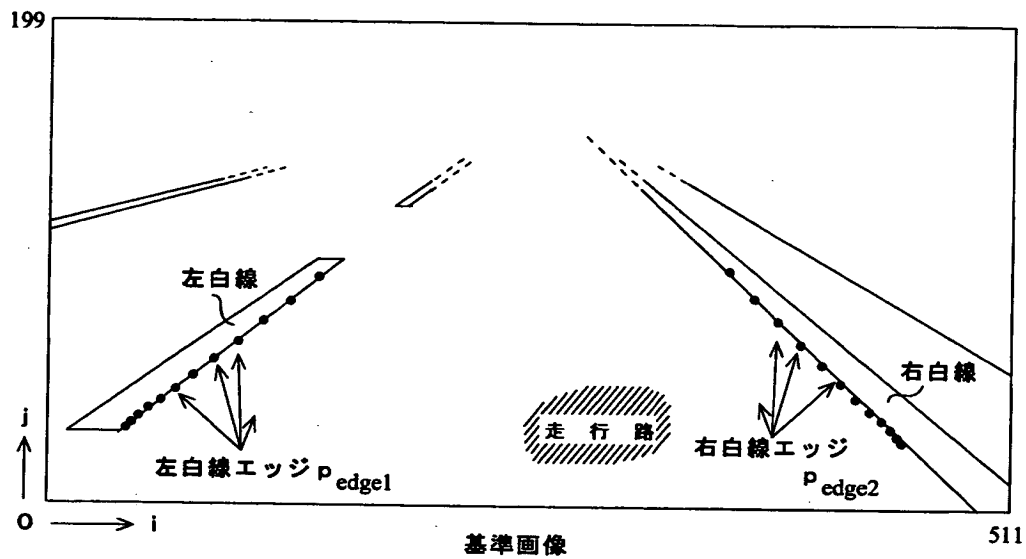
【図 10】



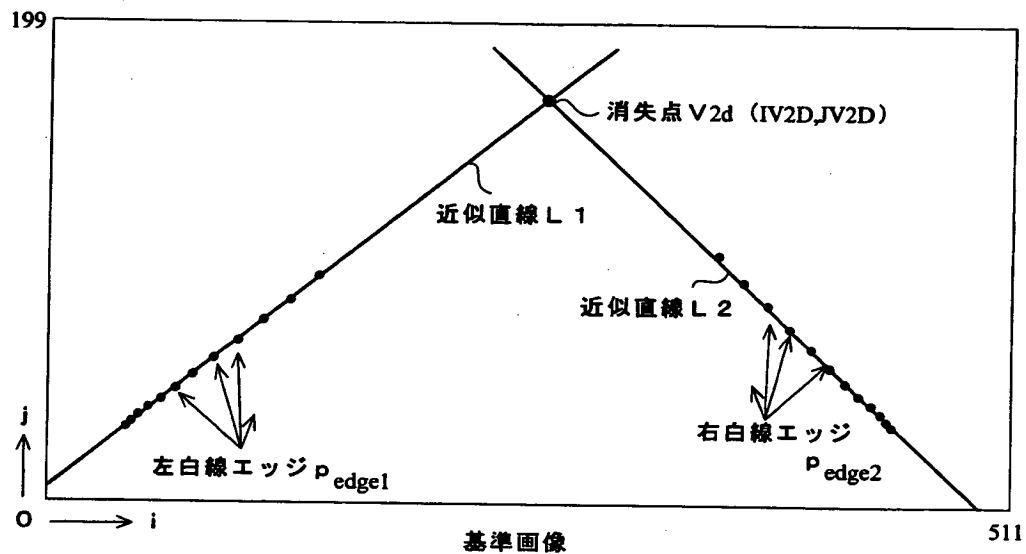
【図 1 1】



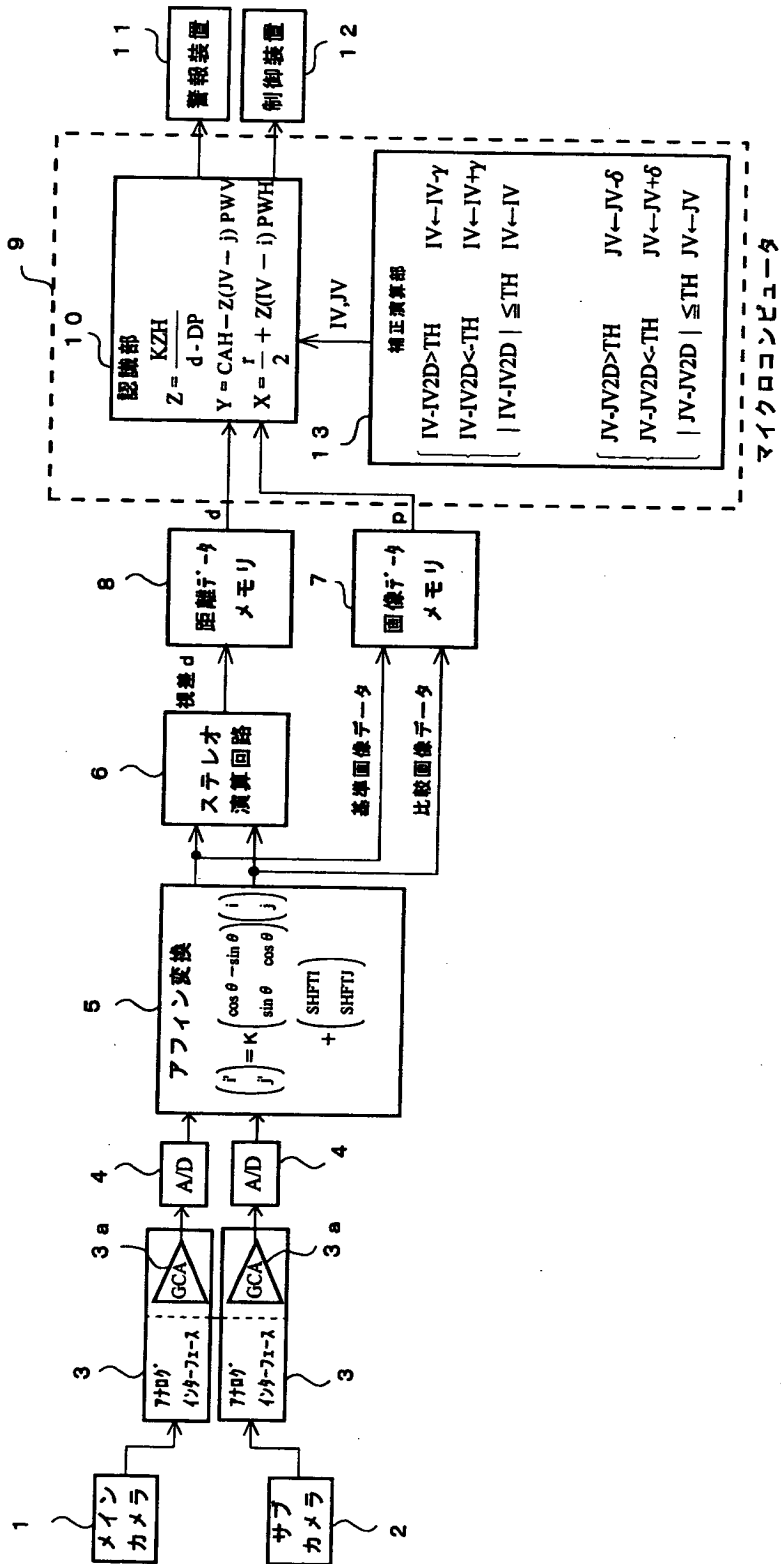
【図 12】



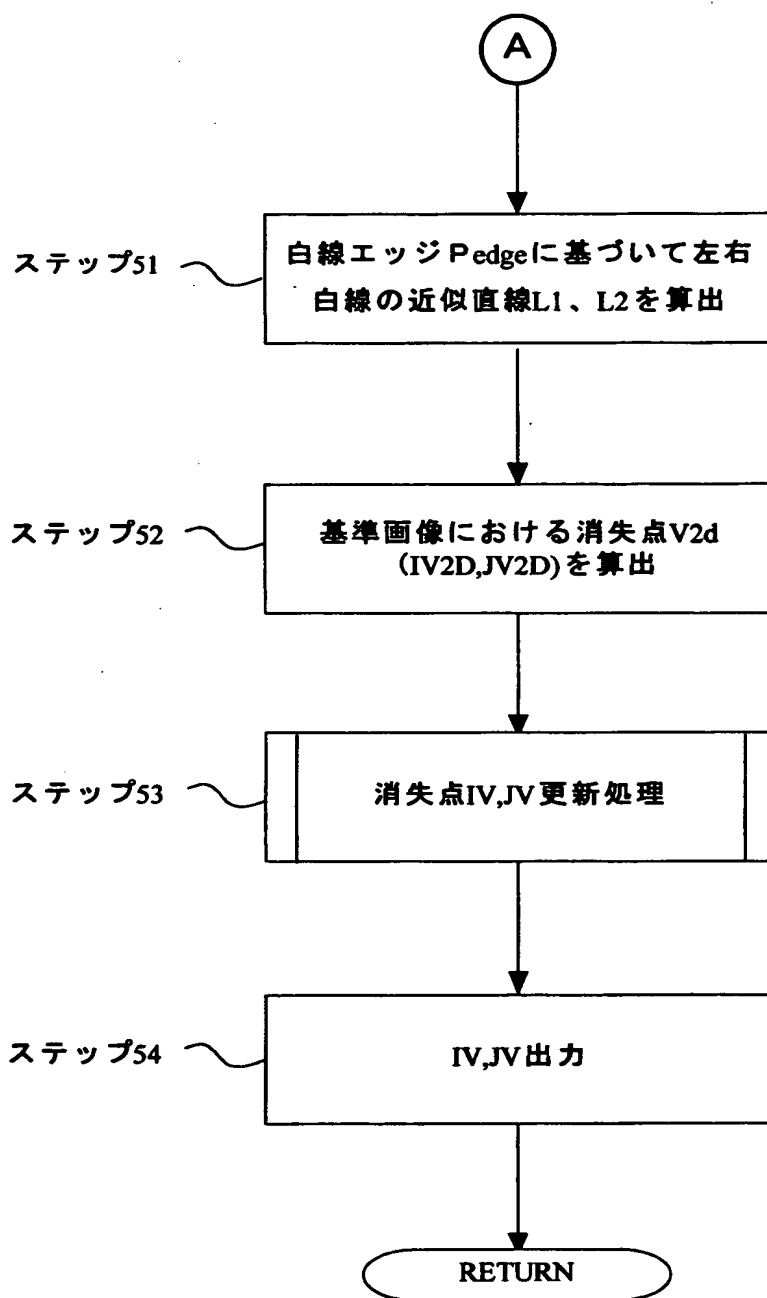
【図 13】



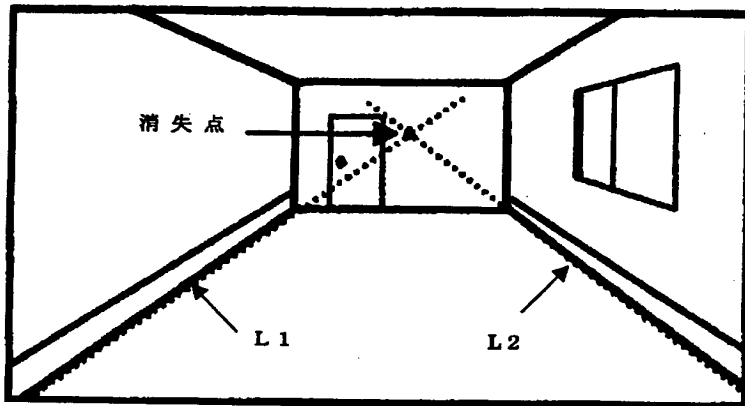
【図 14】



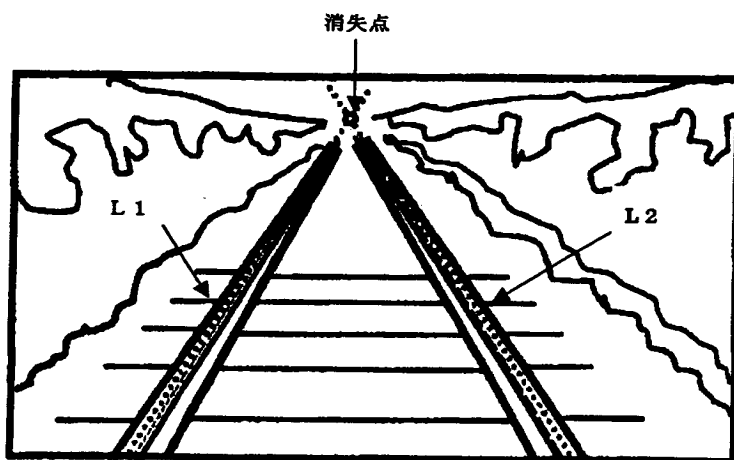
【図 15】



【図16】



【図17】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】ステレオカメラの位置ずれ、特に水平ずれに起因した誤差を有する視差を、リアルタイム処理によって補正すること

【解決手段】車外監視システムの距離補正装置において、自車輛の前方の景色を撮像することにより、一対の撮像画像を得るステレオカメラ1, 2と、ステレオカメラ1, 2により得られた一対の撮像画像に基づいて、ステレオマッチングにより視差を算出するステレオ演算回路6と、ステレオ演算回路6により算出された視差と、マイクロコンピュータ9とを有する。マイクロコンピュータ9は、距離補正值としてのパラメータとに基づいて、対象物までの距離を算出する。また、撮像画像中に映し出された道路上の車線を検出する。また、撮像画像平面における車線の位置を特定する。また、道路上の左右の車線が検出された場合、左右の車線のそれぞれについて撮像画像平面における近似直線を算出するとともに、当該近似直線の交点から撮像画像の消失点を算出する。そして、算出された消失点に基づいて、パラメータを補正する補正手段とを有する。

【選択図】図1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005348]

1. 変更年月日	1990年 8月 9日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都新宿区西新宿一丁目7番2号
氏 名	富士重工業株式会社